

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 11 月 15 日 (15.11.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/85369 A1

- (51) 国際特許分類: B22D 11/06, B23K 26/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/03965
- (22) 国際出願日: 2001 年 5 月 11 日 (11.05.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
- | | | |
|---------------|------------------------------|----|
| 特願2000-140315 | 2000 年 5 月 12 日 (12.05.2000) | JP |
| 特願2000-175850 | 2000 年 6 月 12 日 (12.06.2000) | JP |
| 特願2000-288425 | 2000 年 9 月 22 日 (22.09.2000) | JP |
| 特願2000-306753 | 2000 年 10 月 5 日 (05.10.2000) | JP |
| 特願2000-306764 | 2000 年 10 月 5 日 (05.10.2000) | JP |
| 特願2000-306711 | 2000 年 10 月 5 日 (05.10.2000) | JP |
| 特願2001-073101 | 2001 年 2 月 8 日 (08.02.2001) | JP |

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8071 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山村英明 (YAMAMURA, Hideaki) [JP/JP]. 浜田直也 (HAMADA, Naoya)

[JP/JP]. 栗栖 泰 (KURISU, Yasushi) [JP/JP]. 関 和己 (SEKI, Kazumi) [JP/JP]. 丸木保雄 (MARUKI, Yasuo) [JP/JP]; 〒293-0011 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内 Chiba (JP). 伊豆忠浩 (IZU, Tadahiro) [JP/JP]. 水地 功 (SUICHI, Isao) [JP/JP]. 宮崎雅文 (MIYAZAKI, Masafumi) [JP/JP]. 山田 衛 (YAMADA, Mamoru) [JP/JP]. 岡 秀毅 (OKA, Hideki) [JP/JP]. 石丸詠一朗 (ISHIMARU, Eiichiroh) [JP/JP]. 中山 満 (NAKAYAMA, Mitsuru) [JP/JP]; 〒743-8510 山口県光市大字島田3434番地 新日本製鐵株式会社 光製鐵所内 Yamaguchi (JP). 竹内栄一 (TAKEUCHI, Eiichi) [JP/JP]; 〒671-1188 兵庫県姫路市広畑区富士町1番地 新日本製鐵株式会社 広畑製鐵所内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 石田 敬, 外 (ISHIDA, Takashi et al.); 〒105-8423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37 森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AU, CA, KR, US.

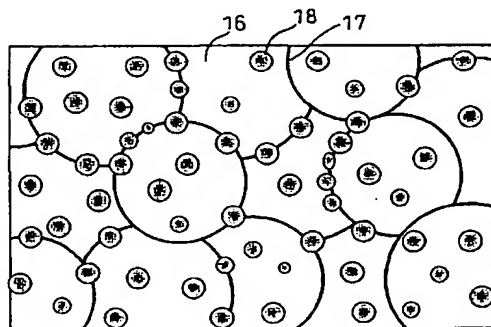
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: COOLING DRUM FOR CONTINUOUSLY CASTING THIN CAST PIECE AND FABRICATING METHOD AND DEVICE THEREFOR AND THIN CAST PIECE AND CONTINUOUS CASTING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムとその加工方法および装置ならびに薄肉鋳片とその連続鑄造方法



(57) Abstract: Hollows, preferably hollows, each having an average depth of 40-200 μ m and a circle-equivalent diameter of 0.5-3 mm, are formed on the peripheral surface of a cooling drum, the hollows being formed adjacent to one another via the tops of the hollows; and on/in the tops and/or the surfaces of the hollows are formed minute projections (preferably, minute projections 1-50 μ m in height and 5-200 μ m in circle-equivalent diameter on the surfaces of the hollows, and those 1-50 μ m in height and 30-200 μ m in circle-equivalent diameter on the tops of the hollows), and small holes (preferably, small holes at least 5 μ m in depth and 10-200 μ m in circle-equivalent diameter) or minute irregularities (preferably, minute irregularities 1-50 μ m in average depth and 10-200 μ m in circle-equivalent diameter).

[続葉有]



WO 01/00000 A1

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

冷却ドラム周面に、窪み好ましくは、平均深さ40～200 μm 、円相当の径0.5～3mmの窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部および／または表面に、微小突起（好ましくは、窪み表面に、高さ1～50 μm 、円相当の径5～200 μm の微小突起、窪みの頂部に、高さ1～50 μm 、円相当の径30～200 μm の微小突起）、細孔（好ましくは、深さ5 μm 以上、円相当の径10～200 μm の細孔）または微細凹凸（好ましくは、平均深さ1～50 μm 、円相当の径10～200 μm の微細凹凸）が形成されている。

明 細 書

薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムとその加工方法および装置ならびに
薄肉鋳片とその連続鋳造方法

〔技術分野〕

本発明は、普通鋼、ステンレス鋼、合金鋼、珪素鋼、および、その他の鋼や合金、金属の溶湯から、直接、薄肉鋳片を鋳造する単ドラム式連続鋳造機または双ドラム式連続鋳造機に用いる冷却ドラムとその加工方法および加工装置に関するものである。また、本発明は、上記冷却ドラムを用いて連続鋳造した薄肉鋳片とその連続鋳造方法に関するものである。

〔背景技術〕

一対の冷却ドラム（以下「ドラム」ということがある。）を備えた双ドラム式連続鋳造装置、または、一個の冷却ドラムを備えた単ドラム式連続鋳造装置により、板厚 1 ～ 10 mm の薄肉鋳片（以下「鋳片」ということがある。）を連続鋳造する技術が開発されている。

例えば、双ドラム式連続鋳造装置は、図 1 に示すように、軸を水平にし互いに接近して並行に設置され、且つ互いに逆方向に回転する一対の冷却ドラム 1、1' と、冷却ドラム 1、1' の両端面に圧着されたサイド堰 2 とを主要な構成部材として構成されている。

冷却ドラム 1、1' とサイド堰 2 とで形成された湯溜まり部 3 の上方には、シールチャンバー 4 が設けられ、シールチャンバー 4 内には不活性ガスが供給される。タンディッシュ 5 から湯溜まり部 3 に溶湯を連続的に供給すると、溶湯は、冷却ドラム 1、1' との接

触部で凝固し、凝固シェルを形成する。凝固シェルは、冷却ドラム 1、1' の回転に伴って下降し、キッシングポイント 6 で圧着され薄肉鋳片 C となる。

この冷却ドラム 1、1' は、回転しながら溶湯を冷却して凝固シェルを生成するためのものであり、一般に、熱伝導率の良好な Cu、Cu 合金によって形成される。この冷却ドラム 1、1' は、湯溜まり部 3 を形成する時は溶湯と直接接触するが、キッシングポイント 6 を過ぎ、次に湯溜まり部 3 を形成するまでの間は溶湯と非接触状態となるので、溶湯の保有熱で加熱されたり、冷却ドラム 1、1' の内部冷却水や空気により冷却される。

また、この冷却ドラム 1、1' は、凝固シェルを圧着して薄肉鋳片 C を形成する際に、薄肉鋳片 C と冷却ドラム 1、1' 表面の相対滑りによる摩擦力を繰り返し受ける。それ故、冷却ドラム 1、1' の表層が Cu または Cu 合金の場合には、鑄造の進行に伴い、周面表層 d の損耗が激しく、表面形状が維持できなくなり、早期に鑄造不能となる。

このようなドラム表層の早期損耗を防止するため、冷却ドラムの表面に、例えば、1 mm 厚さ程度の Ni めっき層を形成した冷却ドラム構造が知られている。

そして、上記ドラム構造の冷却ドラムを用いて連続鑄造を行なう際に、溶湯とドラムとの密着性の不均一によるガスギャップの不均一や、湯面の乱れによる凝固開始位置の不均一や、ドラム表面の付着物の不均一が生じる。この結果、凝固不均一が生じて割れが発生し、鋳片の品質が損なわれるという問題点がある。

しかし、この技術は、最終製品に近い形状と肉厚の薄肉鋳片を製造するものであるから、歩留り良く、所要レベルの品質を有する最終製品を最終的に得るうえにおいて、該技術に対しては、割れや亀

裂等の表面欠陥が皆無の薄肉鋳片を製造することが不可欠のこととして要求される。

特に、ステンレス鋼の薄板製品においては、高品質の表面性状が求められるので、酸洗むらのない薄肉鋳片を鋳造することが大きな課題となる。

この表面欠陥は、薄肉鋳片を鋳造する際、冷却ドラムの表面における凝固シェルの生成が一樣でないこと、即ち、溶湯の急冷凝固の態様が一樣でないことに起因して生じる熱収縮応力の不均衡に基づいて形成されるものであることが知られていて、これまで、この熱収縮応力の不均衡が鋳片内部に極力残らないように溶湯を冷却、凝固せしめる冷却ドラムの周面構造および／または周面材質が種々提案されている。

例えば、表面割れの発生を防止するために、冷却ドラムの周面に形成したNiめっき層に、ショットブラスト、フォトエッチング、レーザ加工等により多数の窪み（以下「ディンプル」ということがある。）を設ける技術が、特開昭60-184449号公報に開示されている。上記技術は、この窪みによって冷却ドラムと凝固シェルとの間に断熱層となるガスギャップを形成し、溶湯の緩慢な冷却を行うことにより、また、窪みに溶湯を適度に入り込ませて鋳片表面に凸転写を形成させ、凸転写の周縁から凝固を開始させることにより、凝固シェル厚の均一化を図るものである。

また、特公平4-33537号公報には、冷却ドラムの周面に円形または楕円形の窪み（ディンプル）を多数形成する方法が、特開平3-174956号公報には、冷却ドラムの周面をローレット加工、または、サンドブラスト加工によって粗面化する方法が、さらに、特開平9-136145号公報には、冷却ドラムの周面に、ショットブラスト加工により最大直径 \leq 平均直径+0.30mmを満

足する窪みを形成する方法が開示されている。これらの方法は、いずれも、冷却ドラムの周面に窪みや突起を多数形成することによって冷却ドラムと溶鋼の間に空気層を導入し、冷却ドラムの周面と溶鋼との実効接触面積を減少させて、凝固シェルの冷却を緩和し、熱収縮に起因する応力を軽減して、急冷による割れ、亀裂の発生を防止して健全な表面性状の薄肉铸件を得ることを目的としている。

しかしながら、特公平4-33537号公報や特開平3-174956号公報に開示された方法では、冷却ドラムの周面に形成した窪み（ディンプル）に溶鋼が差し込み、铸件表面に凸状の突起が形成されるため、後工程での圧延等の加工で、スケールの巻き込み、線状ヘゲ等の圧延疵が発生する。また、特開平9-136145号公報記載の冷却ドラムでは、直径：0.5～2.0 mm、面積率：30～70%、平均深さ：60 μ m以上、最大深さ：100 μ m以下のディンプルをショット粒で付与するが、実際には、铸件に、依然として微小表面疵が発生する。これは、上記サイズのディンプルを形成するショットブラスト施工段階において、隣接するディンプルの間隔が大きくなり過ぎ、しかも、その部分が台形状をなしているために、溶鋼との接触表面積が大きくなり過ぎ、凝固シェル形成時に、過冷却部と緩冷却部が混在することになって铸件割れが起きているものと考えられる。

このような問題点に対応する冷却ドラムとして、特開平4-238651号公報には、ドラム周面に、50～200 μ mの深さの窪みを15～30%の面積率で形成するとともに、10～50 μ mの深さの窪みを40～60%の面積率で形成した冷却ドラムが開示されている。また、特開平6-328204号公報には、ドラム周面に、直径100～300 μ m、深さ100～500 μ mの窪みを15～50%の面積率で形成するとともに、直径400～1000 μ m

m、深さ10～100 μ m、周面の接線に対し垂直な線と窪みの側面とのなす角度が45～75°の窪みを40～60%の面積率で形成した冷却ドラムが開示されている。

そして、これらの冷却ドラムは、鋳片表面における表面割れや亀裂の発生を抑制するとともに、もう一方の代表的な表面欠陥である酸洗むらの発生を抑制することができるもので、光沢むらのないステンレス鋼薄板製品を製造する上において、顕著な効果を奏するものである。

また、特開平11-179494号公報には、フォトエッチング、レーザ加工等の手段によって、ドラム周面に、多数の突起（好ましくは、高さ20 μ m以上、直径0.2～1.0 mm、最近接間隔0.2～1.0 mm）を形成した冷却ドラムが開示されている。この冷却ドラムは、薄肉鋳片の連続鑄造において、表面欠陥を皆無に近い状態にまで抑制できるものである。

しかしながら、上記冷却ドラムにおいては、冷却ドラムの表面に係る材質について特定されていない。

この冷却ドラムの表面に係る材質が、薄肉鋳片の表面性状に影響を及ぼすことは明らかである。

通常、冷却ドラムの周面表層（図1中、d）の材質としては、前述のごとく、Niめっき層が想定されている。Niめっき層は、ドラム母材（Cu、Cu合金）より熱伝導率が低く、ドラム母材との結合性も良好であることから、亀裂や剥離が生じ難く、かつ、母材より高硬度で耐磨耗性、耐変形性において相対的に優れたものであるが、実鑄造において、長期間に亘って表面形状を安定的に維持するレベルの耐磨耗性や耐変形性を備えていない。そのため、長期間の連続使用を行うと、冷却ドラムの周面表層の形状が変化し、その形状変化が、薄肉鋳片における表面割れの主因になり得ることが確

認されている。

そこで、上記課題を解決する冷却ドラムとして、特開平 9-103849 号公報には、ドラム周面に、Ni 層と厚み 10~500 μ m の Co 層とが順に形成されていて、該 Ni 層と Co 層の厚みの和が 500 μ m~2 mm であり、該 Co 層の表面には平均深さ 30~150 μ m の窪みが形成されている冷却ドラムが開示され、また、特開平 9-103850 号公報には、ドラム周面に Ni 層を形成し、該 Ni 層にショットブラスト処理を施して平均深さ 10~50 μ m の窪みを設けた後、厚み 10~500 μ m の電気メッキを施し、窪みの平均深さを 30~150 μ m にした冷却ドラムが開示されている。

これらの冷却ドラムは、ドラムの周面構造および周面材質を改善・工夫することにより、薄肉鋳片における割れの発生の抑制や、ドラム寿命の延長を図ったもので、顕著な効果を奏するものである。

このように、板厚 1~10 mm の薄肉鋳片を連続鋳造する技術においては、冷却ドラムの周面構造および／または周面材質を改善・工夫することにより、酸洗むらを含む表面欠陥の発生を抑制するのに、大きな成功を納めている。

しかしながら、操業中、冷却ドラムとその両側に当接するサイド堰で形成される溶鋼を受容する湯溜まり部を不活性雰囲気で包囲し（図 1 中、シールチャンバー 4。参照）、スカムの生成をできるだけ抑制しても、溶鋼の内部から、介在物や混入したスラグが浮上したりして、相当量のスカムが、溶鋼表面上に浮遊し、凝集することは避けられない。そして、このスカムが冷却ドラムと溶鋼の間に巻き込まれると、薄肉鋳片の表面に酸洗むらが発現する。

この酸洗むらの部分は、最終薄板製品においては、“光沢むら”として発現し、製品素材としての価値を低める。それ故、最終薄板

製品の品質と歩留りを、さらに高めるためには、薄肉鋳片を連続鋳造する際、スカムの生成を極力抑制することに加え、スカムが巻き込まれても、薄肉鋳片に酸洗むらが発生するのを極力抑制できる、できれば、該発生を皆無にすることができる、何らかの対策が必要である。

そこで、本発明者は、その対策を探るべく、酸洗むらが発現した薄肉鋳片について詳細に調査した。その結果、本発明者は、“酸洗むら”が発現した領域とそうでない領域との境界近傍に、従前知られている“表面割れ”とは形態の異なる“割れ”が発生しているのを発見した。この“割れ”（以下「酸洗むら付随割れ」という。）を、図2に示す。

図2から分かるように、“酸洗むら付随割れ”は、酸洗むらの発生していない部位で発生する“表面割れ”（以下「ディンプル割れ」ということがある。）とは、当然に、割れの起源、位置、形態等の点で異質なものである。

したがって、これまでの手段では、上記異質な“酸洗むら付随割れ”の発生を防止することは困難である。

このように、薄肉鋳片の連続鋳造においては、“ディンプル割れ”および“酸洗むら”の発生を抑制するという課題の他に、これらとは異質な“酸洗むら付随割れ”の発生を抑制するという課題を、新たに抱えることになった。

ところで、冷却ドラムの周面に、窪み（ディンプル）を加工する手段としては、ショットブラスト、フォトエッチング、レーザ加工等がある（特開昭60-184449号公報、参照）。例えば、レーザ加工の例として、特許第2067959号公報には、波長0.30～1.07 μm のパルスレーザを用いて、直径500 μm 以下、深さ50 μm 以上、穴ピッチが穴径の1.05倍以上5倍以下の

穴を形成する方法が開示されている。この方法の実施例を参照すると、パルス繰り返し周波数が500HzのYAGレーザ4台を用い、穴ピッチが200～250 μ mの穴を形成している。ここで、冷却ドラムの形状を、仮に、1m直径、1m幅と仮定し、この冷却ドラムの周面に、200 μ mピッチで穴を導入するとすると、全体で、約8000万個の穴を加工することになる。このような穴加工を行うためYAGレーザを励起するには、一般に、パルス発光するフラッシュランプを用いるが、フラッシュランプの寿命は、100～1000万パルスである。したがって、例え4台のYAGレーザを用いて穴加工を行っても、フラッシュランプの寿命の中で、冷却ドラムの全周面を加工することは不可能であり、途中で一端加工を停止し、ランプを交換しなければならない。

この際、加工の停止部位においては、加工の非連続性が発現する。このような加工の非連続性を有する冷却ドラムを用いて鋳造を行うと、この非連続部位において割れが発生するという問題点がある。この方式においては、レーザの台数を、例えば、4台から10台に増加すれば、上記問題点は解決可能であるが、一方で、加工装置が大がかりとなり、かつ、複雑化するという問題点が生じる。

上記問題点に対処するため、一般に、QスイッチCO₂レーザを用いる加工方法として、冷延ロールのダル加工方法が特許第3027695号公報に、また、銅合金の加工方法が特開平8-309571号公報に開示されている。これらの加工方法においては、パルス全幅が30 μ secまでの初期スパイクとパルステールを有するQスイッチCO₂レーザパルスを用い、穴加工を実現するが、穴深さは、いずれも、40 μ m程度が上限である。一方、冷却ドラムにおいては、表面割れと光沢むらを防止するため、場合によっては、深さ50 μ m以上の穴を形成する必要があるから、上記公知の方法

では、本発明における所要の目的に合致した穴加工を実現することができないという問題点がある。

さらに、金属材料を、例えば、冷却ドラムの周面をレーザで穴開け加工する際には、穿孔過程で発生する溶融物が、金属自身の蒸発反力やアシストガスの背圧によって、穴外部へスパッタとして排出され、穴周囲にドロスとして再付着することが多い。一般に、このようなドロスは、表面の平滑性を阻害するので、これを防止する手段が要求される。このような背景に基づき、従来から、各種のドロス除去もしくは抑制する手段が提案されている。

これまで比較的良好に用いられてきた手段は、被加工面に固体マスク層を設け、マスクと共に被加工材を穴加工し、最終的にマスクを除去することにより、平滑な加工面を得るというものであった。しかしながら、この手法においては、加工に先立ってマスクを被加工面に密着させる工程、ならびに、レーザ加工後にマスクを除去する工程を必要とするので、全体として、加工効率ならびにコストの観点で問題を抱えている。

また、被加工面に付着したドロスを積極的に除去する手法として、特開平10-263855号公報には、冷間圧延用ワークロールへの微細穴形成用加工ヘッドに隣接し、ロール表面に付着した付着物の分布を均一化する手段としての“へら”や、回転式電動研磨機を備えることが開示されている。

しかしながら、ドロスは、溶融物が被加工面において再凝固して付着したものであるため、ドロスを“へら”のような機械的な手段で完全に除去することは難しく、さらに、10～100 μ m程度の深さの微細穴を形成する場合、回転電動研磨機でドロスのみを除去することは、機械精度上困難で、場合によっては、過研磨によって穴深さが減少するという問題点もある。さらに、付着したドロスを

積極的に除去する方法を採用すると、レーザ加工ヘッドに付帯的な装置を付加することになり、装置が大型化するという問題点もある。

一方、被加工面に、油脂類に代表される液体状物質を事前塗布することにより、加工後の表面性状を清浄化する方法も、各種、提案されている。例えば、特開昭 5 2 - 1 1 2 8 9 5 号公報には、レーザ光に対して透明な粘性物質を塗布する方法が、また、特開昭 6 0 - 1 8 0 6 8 6 号公報には、油類を塗布する方法が開示されている。

これらは、レーザによる熔融加工を念頭においたものであるが、これら公報には、塗布する物質の特性が記載されていない。特に、以下で詳細に説明するように、油脂類を塗布する際には、塗布する物質のレーザ波長に対する透過率が、加工後の表面性状に大きく影響を及ぼす（本発明者らの実験研究検討によって明らかになっている）が、これら公報には、本発明に係る知見を示唆する記載は無く、これら公報記載の方法では、金属材料のレーザ穴加工において、再現性良くドロス付着抑制を実現することはできないという問題点がある。

さらに、塗布する物質の特性に関しては、特開昭 5 8 - 1 1 0 1 9 0 号公報に、沸点が 8 0 °C 以上の油脂類を塗布することが開示され、また、特開平 1 - 2 9 8 1 1 3 号公報に、塗布材の組成を規定することが開示されている。これらの開示において、前者では塗布材の特性規定としては沸点のみが規定されており、加工に用いるレーザ波長に対する透過率に関する開示は無い。本発明者らの実験研究によると、例え沸点が 8 0 °C 以上であっても吸収の大きな油脂類を用いると、ドロス抑制ができなくなるという問題点がある。また、後者においては詳細な組成開示がなされているが、基本思想は、

レーザ光の吸収率を高める、すなわち、レーザ光の透過率を低下させる機能を発揮する塗布材を規定することである。しかし、塗布材での吸収が大きくなり過ぎると、金属材料の穴加工においては、ドロス付着性はかえって悪化し、有効なドロス抑制手法とならないという問題点がある。

〔発明の開示〕

本発明の課題とするところは、従来技術における問題点として説明した、薄板製品における二大欠陥の表面割れと光沢むらの発生を同時に抑制して、薄肉鋳片を、長期間に亘って安定的に鑄造し得る技術を実現することにある、本発明は、そのための薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムおよび該冷却ドラムを用いた連続鑄造方法を提供するものである。

また、本発明は、冷却ドラムの周面に、従来のディンプルに加えて、更に微細な凹凸を重複して付与すること、および／または、微小な突起を付与することにより、鋳片割れ、亀裂等がなく、表面性状に優れた鋳片を安定的に製造するための冷却ドラムを提供するものである。

更に、本発明は、通常ディンプル内に、更に微細な凹凸を付与するとともに、グリッドの破片を喰い込ませた微小な突起を付与することにより、凝固開始点を通常ディンプルよりも微細分散させ、このことにより、高い凸転写、鋳片割れ、亀裂等がなく、表面性状に優れた薄肉鋳片を安定的に製造することができる冷却ドラムおよび該冷却ドラムを用いた連続鑄造方法を提供するものである。

また、本発明は、冷却ドラムの周面に形成されたディンプルにおいて、隣接するディンプル間の台形状の部分を低減することにより、鋳片割れ、亀裂等がなく、表面性状に優れた鋳片を安定的に製造

することができる冷却ドラムを提供するものである。

また、本発明は、“ディンプル割れ”の発生を抑制するとともに、“酸洗むら”および“酸洗むら付随割れ”の発生を抑制することを課題とし、該課題を、溶鋼の凝固態様に大きく影響する冷却ドラムの周面構造および／または周面材質の点から解決することを目的とするものである。

また、本発明は、薄板製品の二大欠陥である“表面割れ”と“光沢むら”の発生を同時に抑制し薄肉铸件を長期間に亘って安定的に casting する冷却ドラムに係るレーザ加工方法およびレーザ加工装置を提供するものである。

さらに、本発明は、金属材料のレーザ穴加工方法において、付加かつ複雑な処理を行うことなく簡便な手法で、ドロス付着を抑制できる方法、さらに、油脂類の事前塗布という簡便な手法において、その特性を規定することによって、確実にドロス抑制を達成できる方法を提供するものである。

そこで、本発明者は、まず、冷却ドラムにおいて、前述したディンプルの接触表面積より更に接触表面積が小さいディンプルを形成すれば铸件表面に、高い凸転写および割れが発生しないのではないかと、また、前述したディンプルによる凹凸の数より更に多くの凹凸を形成すれば、多くの凸部から凝固が始まるので、凝固をより安定的に開始させることができ、それにより、割れを防止することができるのではないかとこの発想の下において、冷却ドラムの周面に、従来のディンプルに、更に微細な凹凸および微小な突起を付与することにより、高い凸転写、铸件割れ、および亀裂等を極力低減することができる方法を開発した。

また、酸洗むらは、スカムが付着した部位において溶鋼の凝固が遅れ、その結果、スカム付着部の凝固組織が、その周辺の凝固組織

と異なるものになることに起因して、酸洗後、鑄片表面に“むら”として発現したものであるから、冷却ドラムの表面上での溶鋼の凝固態様が、“酸洗むら付随割れ”の発生にも、大きく関与しているものと推測される。

そこで、本発明者は、まず、図2に示すような“酸洗むら付随割れ”が発生した薄肉鑄片の凝固態様について調査した。“酸洗むら付随割れ”は、基本的には、スカムの流入、付着によって、冷却ドラムと溶鋼との界面の熱抵抗が変化し、スカムが付着した部位とそうでない部位とで、形成される凝固シェルの厚さに差が生じることによって起因するものであるところ、具体的には、凝固シェル厚の不均一度が20%を超える部位で、“酸洗むら付随割れ”が発生していることが判明した。

図3に、その発生機構を模式的に示す。スカム7が付着した部位では、冷却ドラム1と溶鋼15との界面における熱抵抗が変化し、溶鋼の凝固が遅れるので、凝固シェル8の厚さは、他の部位における凝固シェルの厚さより薄いものとなるが、スカム7とディンプル（窪み）9の凹面との間に形成されるガスギャップ10との相乗作用により、厚い凝固シェルと薄い凝固シェルとの境界部（凝固シェル厚の不均一部分）に、“歪み”が発生し、蓄積される。そして、この凝固シェル厚の不均一度が20%を超えると、図3に示すように、上記境界部で“酸洗むら付随割れ11”が発生する。

上記のように、“酸洗むら付随割れ11”の原因となる“歪み”の発生、蓄積には、スカム7とディンプル9の凹部との間に形成されるガスギャップ10の存在も関連しているので、本発明者は、さらに、ディンプルの“深さ”を変えることにより溶鋼の凝固態様を変化させ、凝固態様の変化（この変化を示す指標として、“ディンプル深さ”を用いた。）と、“ディンプル割れ”および“酸洗むら付

随割れ”の発生状況（発生状況を示す指標として、“割れ長さ”を用いた。）との関連性を調査した。

その結果を、図4に示す。この図によれば、ディンプルの深さ（ μm ）を浅くすれば、“ディンプル割れ”の発生を防止できるが、逆に、“酸洗むら付随割れ”の発生を助長することが分かる。

このように、本発明者は、“酸洗むら付随割れ”と“ディンプル割れ”の発生もしくは発生抑制は、冷却ドラムの周面に形成したディンプルの深さとの関係でみると、トレードオフの関係にあることを見いだした。

ここで、図5に、“ディンプル割れ”の発生機構を模式的に示す。ディンプル9の頂部に当接した溶鋼部位に凝固核が生成し（図中「12」参照）、ここから凝固が進行するが、ディンプル9の凹部に侵入して形成される溶鋼の凸部13が凝固するとき、凝固はディンプル単位で比べると不均一であり、この不均一に起因して、ディンプル単位毎に不均一応力・歪みが蓄積される。そして、この不均一応力・歪みが原因となって、“ディンプル割れ14”が発生する。

溶鋼の凸部13が凝固するとき、スカム7が付着した部位では、スカムが熱抵抗となり、当然に凝固が遅れるが、この場合、凝固の遅れにより、上記不均一応力・歪みが緩和される。

以上の調査結果から得られた知見をまとめると、以下のとおりである。

（a）溶鋼は、ディンプルの頂部に当接するが、ガスギャップの存在により、その底部には接触しないか、接触しても一部分である（完全に当接しない）。

（b）ディンプルの頂部に当接した溶鋼は、頂部に当接していない溶鋼より速く凝固する。



(c) 溶鋼とディンプルとの間にガスギャップが存在すると、ガスギャップが熱抵抗として作用して核生成が遅れ、溶鋼の凝固が遅くなる。

(d) 溶鋼の凝固は、ディンプル単位で比べると不均一であり、この不均一に起因する不均一応力・歪みが、ディンプル単位毎に蓄積される。これが、“ディンプル割れ”の原因となる。

(e) スカムが付着した溶鋼とディンプルとの間にガスギャップが存在すると、スカムとガスギャップが熱抵抗として作用し、溶鋼の凝固がより遅くなる。その結果、スカムが付着した部位の凝固シェルの厚さと、そうでない部位の凝固シェルの厚さに差が生じ、厚み境界部に、不均一応力・歪みが蓄積される。これが、“酸洗むら付随割れ”の原因となる。

(f) “ディンプル深さ”が浅ければ、溶鋼のディンプル凹部への侵入高さ（凸部の高さ）は低いので、ディンプル単位毎の不均一応力・歪みの蓄積が緩和され、“ディンプル割れ”の発生が抑制されるが、逆に、スカムとガスギャップに基づく凝固遅れに起因する不均一応力・歪みの蓄積が助長され、“酸洗むら”とともに“酸洗むら付随割れ”が頻発する。

(g) “ディンプル深さ”が深ければ、溶鋼のディンプル凹部への侵入高さ（凸部の高さ）は高いので、ディンプル単位毎の不均一応力・歪みの蓄積が助長され、“ディンプル割れ”が頻発するが、逆に、スカムとガスギャップに基づく凝固遅れに起因する不均一応力・歪みの蓄積は緩和されるので、“酸洗むら”とともに“酸洗むら付随割れ”の発生が抑制される。

“ディンプル割れ”と“酸洗むら付随割れ”が、いずれも冷却ドラム表面での“溶鋼の凝固態様”と密接に関連していることは明らかであるところ、本発明者は、これらの知見に基づき、ディンプル

の形態において、まず、“酸洗むら”および“酸洗むら付随割れ”の発生を抑制するのに十分な“ディンプル深さ”を確保し、この“ディンプル深さ”を前提に、ディンプルの表面に、

(x) 頂部に当接した溶鋼の凝固を遅らせ、かつ、

(y) 底部に当接した溶鋼の凝固を促進する、

機能を付与すれば、ディンプル単位毎に発生、蓄積する不均一応力・歪みを低減することができ、“酸洗むら付随割れ”の発生と“ディンプル割れ”の発生を両方を抑制できるのではないかとの発想に至った。

そして、本発明者は、上記発想の下において、冷却ドラムの周面に形成するディンプルにおいて、上記(x)および(y)の機能を果たす表面形態について、種々調査した。その結果、

(A) ディンプルの頂部に、所定形状の“丸み”をつけるか、もしくは、所定形状の“細孔”を形成すると、ディンプルの頂部に当接した溶鋼の凝固を遅らせることができること、

を知見した。

また、ディンプルの頂部に“丸み”をつけたり、“細孔”を形成したりすると、溶鋼は、溶鋼の静圧や冷却ドラムの圧下力の下で、容易にディンプルの底部に当接し、発生した凝固核を起点にして凝固するが、

(B) ディンプルの底部に、所定形状の“微小突起”、“細孔”

または“微小凹凸”を形成しておくこと、凝固核の発生が促進されて、溶鋼の凝固がより速く進行すること、

を知見した。

また、本発明者は、これらの知見に基づき、ディンプルの形態において、まず、“ディンプル割れ”を抑制できる“ディンプル深さ”を確保し、この“ディンプル深さ”を前提に、ディンプルの表面

に、

(W) 熱抵抗となるガスギャップを形成しない、

(X) 頂部に当接した溶鋼の凝固を遅らせる、および、

(Y) 底部に当接した溶鋼の凝固を促進する、

機能を付与すれば、従来、スカム付着部位での凝固遅れに基づき、凝固シェルの厚み境界部に蓄積される不均一応力・歪みを低減することができ、結果として、“ディンプル割れ”の発生、および、“酸洗むら”と“酸洗むら付随割れ”の発生の両方を抑制できるのでないかとの発想に至った。

そして、本発明者は、上記発想の下において、冷却ドラムの周面に形成するディンプルにおいて、上記(W)の機能を果たす表面について、鋭意、調査研究を行った。その結果、ガスギャップの存在は、冷却ドラムの表面とスカムとの濡れ性に大きく関係していて、

(C) 冷却ドラム表面に、スカムとの濡れ性が良い物質が存在すると、スカムが該表面になじみ、ガスギャップが形成され難い

との知見を得た。

なお、冷却ドラムの表面には、通常、Niメッキが施されるが、スカムとの濡れ性が良い物質としてNi-W合金が好適であることが判明した。

また、ガスギャップの形成を抑制し、かつ、ディンプルの頂部に“丸み”をつけたり“細孔”を形成したりすると、溶鋼は、冷却ドラムの圧下力の下で、容易にディンプルの底部に当接し、発生した凝固核を起点にして凝固するが、

(D) ディンプルの底部に、“微小突起”を形成しておく、と、凝

固核の生成が促進されて、溶鋼の凝固がより速く進行する、

との知見を得た。

本発明は、以上の知見に基づき、さらに、ディンプルの形状と、ディンプルの頂部に形成する“丸み”や“細孔”の形状、また、ディンプルの底部に形成する“微小突起”の形状との好ましい関係を確認してなされたものである。

そして、薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムに係る発明の要旨は、以下のとおりである。

(1) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、その周面に、所定形状の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部および／または窪みの表面に、所定形状の微小突起、細孔または微細凹凸が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(2) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(3) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの表面に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(4) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの表面に、平均深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $10 \sim 2$

00 μm の微細凹凸が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

(5) 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが40～200 μm で、円相当の径が0.5～3 mmの窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、高さが1～50 μm 、円相当の径が30～200 μm の微小突起が隣接して形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

(6) 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが40～200 μm で、円相当の径が0.5～3 mmの窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、高さが1～50 μm 、円相当の径が30～200 μm の微小突起が隣接して形成され、かつ、窪みの表面に、高さが1～50 μm で、円相当の径が5～200 μm の微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片鋳造用冷却ドラム。

(7) 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが40～200 μm で、円相当の径が0.5～3 mmの窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、高さが1～50 μm 、円相当の径が30～200 μm の微小突起が隣接して形成され、かつ、窪みの表面に、深さが5 μm 以上、円相当の径が5～200 μm の細孔が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

(8) 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが40～200 μm で、円相当の径が0.5～3 mmの窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、高さが1～50 μm 、円相当の径が30～200 μm の微小突起が隣接して形成され、かつ、窪みの表面に、平均

深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $10 \sim 200 \mu\text{m}$ の微細凹凸が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

(9) 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

(10) 薄肉鋳片を連続鋳造するドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成され、かつ、窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

(11) 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部および表面に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

(12) 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成され、かつ、窪みの表面に、平均深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $10 \sim 200 \mu\text{m}$ の微細凹凸が形成されているこ

とを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(13) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、その周面に、所定形状の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部および／または窪みの表面に、微細凹凸および微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(14) 前記所定形状の窪みが、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径の平均が $1.0 \sim 4.0 \text{ mm}$ の窪みであることを特徴とする前記(13)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(15) 前記微細凹凸の平均深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ および微小突起の高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ であり、かつ、前記微小突起の高さが前記微細凹凸の平均深さよりも小さいことを特徴とする前記(13)または(14)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(16) 前記微細凹凸がアルミナグリッドを吹付けて形成した微細凹凸であり、かつ、前記微小突起がアルミナグリッドの破片が喰い込んで形成された微小突起であることを特徴とする前記(13)、(14)または(15)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(17) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、その周面に、平均直径が $1.0 \sim 4.0 \text{ mm}$ 、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部および／または窪みの表面に、平均直径が $10 \sim 50 \mu\text{m}$ 、平均深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ の微細凹凸と、アルミナグリッドの破片が喰い込んだ高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ の微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(18) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、その周面に、所定形状の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成さ

れているとともに、平均深さが $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の窪みが 1 mm 以上続く領域が 3% 以下であることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(19) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、その周面に、平均直径が $1.0\sim 4.0\text{ mm}$ 、平均深さが $40\sim 170\text{ }\mu\text{m}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、平均深さが $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の窪みが 1 mm 以上続く領域が 3% 以下であることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(20) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{ mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該周面に、スカムとの濡れ性が Ni よりも良い物質を含む皮膜が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(21) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{ mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該窪みの表面に、高さが $1\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $5\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ の微小突起が形成されていて、さらに、該表面には、スカムとの濡れ性が Ni よりも良い物質を含む皮膜が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(22) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{ mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該窪みの頂部に、高さが $1\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $30\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ で、スカムとの濡れ性が Ni よりも良い物質を含む皮膜が形成されている微小突起が、相互に隣接して形



成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(23) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該窪みの頂部に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $30 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が相互に隣接して形成され、かつ、該窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ で、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されている微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(24) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該窪みの頂部に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成され、かつ、該窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ で、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されている微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(25) 前記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質が、連続鑄造される溶鋼を構成する元素の酸化物であることを特徴とする前記(20)、(21)、(22)、(23)または(24)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(26) 前記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質が、冷却ドラム周面上のメッキを構成する元素の酸化物であることを特徴とする前記(20)、(21)、(22)、(23)または(24)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(27) 前記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が、冷却ドラム周面上のメッキが酸化して形成された皮膜であることを特徴とする前記(20)または(21)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(28) 前記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が、冷却ドラム周面上のメッキに、溶鋼中の成分元素が酸化して生成した酸化物が付着して形成された皮膜であることを特徴とする前記(20)または(21)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(29) 前記メッキが、Niよりも酸化され易い元素を含むメッキであることを特徴とする前記(20)、(21)、(22)、(23)、(24)、(27)または(28)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(30) 前記メッキが、W、Co、Fe、Crの1種または2種以上を含むメッキであることを特徴とする前記(20)、(21)、(22)、(23)、(24)、(27)または(29)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

(31) 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、ドラム母材の熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、該ドラム母材の表面に、熱膨張率が該ドラム母材の $0.50\sim 1.20$ 倍でビッカース硬さ H_v が 150 以上の厚みが $100\sim 2000\text{ }\mu\text{m}$ の中間層が被覆され、さらに、最表面に、厚み $1\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ でビッカース硬さ H_v が 200 以上の硬質めっきが施されているとともに、その表面に、直径が $200\sim 2000\text{ }\mu\text{m}$ 、深さが $80\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ の窪みが、互いに接するかまたは重なりを持つ条件で形成されていて、さらに、直径が $50\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 、深さが $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の細孔が、細孔相互が接しないで、かつ、ピッチが $100\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ となる条

件で形成されていることを特徴とする薄鋳片連続鋳造機用ドラム。

(32) 前記ドラム母材が銅もしくは銅合金であり、前記中間層がNi、Ni-Co、Ni-Co-WまたはNi-Feのめっき層であり、前記最表面の硬質めっきがNi-Co-W、Ni-W、Ni-Co、Co、Ni-Fe、Ni-Al、Crのいずれかであることを特徴とする前記(31)に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

(33) 前記窪みがショットブラストによって形成された窪みであり、かつ、前記細孔がパルスレーザー加工によって形成された細孔であることを特徴とする前記(31)または(32)に記載の薄鋳片連続鋳造機用ドラム。

(34) 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムの周面を加工する方法において、冷却ドラムの表層にQスイッチCO₂レーザーパルスを照射し、直径が50～200μm、深さが50μm以上の細孔を、細孔相互が接しないで、かつ、ピッチが100～500μmとなる条件下で形成する際に、QスイッチCO₂レーザーパルスのパルスエネルギーを40～150mJ、時間全幅を30～50μsecとして、レーザービーム集光直径を50～150μmとすることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの加工方法。

(35) 前記ドラムの表層に、直径が200～3000μm、深さが80～250μmの窪みを、前記レーザーパルス照射する前に互いに接するかまたは重なりを持つ条件で形成することを特徴とする前記(34)に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの加工方法。

(36) 前記レーザーパルス照射する前の冷却ドラムの表層が、平滑な曲面で形成されていることを特徴とする前記(34)に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの加工方法。

(37) 前記冷却ドラムの表面に、Ni、Ni-Co、Ni-Co-W、Ni-Fe、Ni-W、Co、Ni-Al、Crのいずれかまたはこれらの組合せからなるめっきを、前記レーザパルスの照射前もしくは照射後に施すことを特徴とする前記(35)または(36)に記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムの加工方法。

(38) 薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムを予め定められた一定速度で回転するドラム回転装置と、パルスエネルギーが50~150 mJ、時間全幅が30~50 μ secのパルスを6 kHz以上のパルス繰り返し周波数で出力するQスイッチCO₂レーザ発振器と、該発振器から出力されたレーザビームを上記冷却ドラムの回転軸方向へ走査するレーザ光走査装置と、レーザビームを直径50~150 μ mのレーザビームに集光する集光装置と、上記冷却ドラムのクラウンをオンラインで計測しその信号に基づき該集光装置と冷却ドラムの表面との間隙を一定に制御する倣い制御装置を備え、上記冷却ドラムの全面に亘って一定の直径ならびに深さの細孔を一定の間隔で加工することを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムの加工装置。

(39) レーザビームによる金属材料の穴加工に先立って該金属材料の被加工面に油脂類を塗布材として塗布しパルスレーザを照射して穴を形成する方法において、照射レーザ波長に対する吸収係数が10 mm⁻¹以下の塗布材を用い、塗布層でのレーザ波長の透過率が50%以上となるように塗布材の厚みを設定することを特徴とする金属材料のレーザ穴加工方法。

(40) 前記金属材料が、薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムの周面を覆うめっき層であることを特徴とする前記(39)に記載の金属材料のレーザ穴加工方法。

(41) 一方向に回転する、前記(1)~(12)および(20

）～（３０）のいずれか１項に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの周面上に溶鋼を注入し、該溶鋼を該冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鋳片を連続鋳造することを特徴とする薄肉鋳片の連続鋳造方法。

（４２）平行に配置され互いに逆方向に回転する一対の、前記（１）～（１２）および（２０）～（３０）のいずれかに記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの周面に湯溜り部を形成し、該湯溜り部に注入した溶鋼を、該冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鋳片を連続鋳造することを特徴とする薄肉鋳片の連続鋳造方法。

（４３）平行に配置され互いに逆方向に回転する一対の、前記（１３）～（１７）のいずれかに記載の冷却ドラムの周面に湯溜り部を形成し、該湯溜り部を溶鋼に可溶な非酸化性ガス、または、溶鋼に可溶な非酸化性ガスと溶鋼に非可溶な非酸化性ガスの混合ガス雰囲気で覆い、上記湯溜り部に注入した溶鋼を、上記冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鋳片を連続鋳造することを特徴とする薄肉鋳片の連続鋳造方法。

（４４）平行に配置され互いに逆方向に回転する一対の、前記（１８）または（１９）に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの周面に湯溜り部を形成し、該湯溜り部を、溶鋼に可溶な非酸化性ガス雰囲気、または、溶鋼に可溶な非酸化性ガスと溶鋼に非可溶な非酸化性ガスの混合ガス雰囲気で覆い、上記湯溜り部に注入した溶鋼を、上記冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鋳片を連続鋳造することを特徴とする薄肉鋳片の連続鋳造方法。

（４５）平行に配置され互いに逆方向に回転する一対の、前記（３１）、（３２）または（３３）に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの周面に湯溜り部を形成し、該湯溜り部に注入した溶鋼を、該冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鋳片を連続鋳造するこ

とを特徴とする薄肉鋳片の連続鑄造方法。

(46) 前記冷却ドラムが溶鋼と接触していない時に、細孔を加工処理することを特徴とする前記(45)に記載の薄肉鋳片の連続鑄造方法。

(47) 前記(1)～(33)のいずれかに記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムを用いて溶鋼を連続鑄造した薄肉鋳片であって、溶鋼が、該冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点にして凝固を開始し、次いで、上記窪みの表面上の微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点にして凝固したことを特徴とする薄肉鋳片。

(48) 前記窪みの頂部に当接する溶鋼部位で生成した凝固核発生起点は、円相当の径で0.5～3mmの環状に生成したものであることを特徴とする前記(47)に記載の薄肉鋳片。

(49) 前記微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点は、250μm以下の間隔で生成したものであることを特徴とする前記(47)または(48)に記載の薄肉鋳片。

(50) 前記(1)～(33)のいずれかに記載の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムを用いて溶鋼を連続鑄造した薄肉鋳片であって、該薄肉鋳片の表面には、溶鋼が該冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に当接して凝固したことにより形成された網状の連続凹みが存在するとともに、該網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域の内には、微小な凹みおよび／または微小な突起が存在することを特徴とする薄肉鋳片。

(51) 前記網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域は、円相当の径で0.5～3mmの領域であることを特徴とする前記(5

0) に記載の薄肉鋳片。

(52) 前記網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域の内には、微小な凹みおよび／または微小な突起が、 $250\mu\text{m}$ 以下の間隔で存在することを特徴とする前記(50)または(51)に記載の薄肉鋳片。

(53) 前記網状の連続凹みの底部に、微小な凹みおよび／または微小な突起が存在することを特徴とする前記(50)、(51)または(52)に記載の薄肉鋳片。

(54) 前記(1)～(33)のいずれかに記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムを用いて溶鋼を連続鋳造した薄肉鋳片であって、溶鋼が、該冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に当接した溶鋼部位に形成された網状の連続凹みに沿って生成した凝固核発生起点を起点にして、該網状の連続凹みの形状を保持したまま凝固を開始し、次いで、上記窪みの表面上の微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点として凝固したことを特徴とする薄肉鋳片。

(55) 前記網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域は、円相当の径で $0.5\sim 3\text{mm}$ の領域であることを特徴とする前記(54)に記載の薄肉鋳片。

(56) 前記微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点は、 $250\mu\text{m}$ 以下の間隔で生成したものであることを特徴とする前記(54)または(55)に記載の薄肉鋳片。

〔図面の簡単な説明〕

図1は、双ドラム式連続鋳造装置の側面図である。

図2は、連続鋳造した薄肉鋳片の表面に発現した“酸洗むら”と

“酸洗むら付随割れ”の態様を示す図である。

図 3 は、図 2 に示す“酸洗むら付随割れ”の発生機構を模式的に示す図である。

図 4 は、“ディンプル深さ”（凝固態様）と、“ディンプル割れ”および“酸洗むら付随割れ”の“割れ長さ”（発生状況）との関連性を示す図である。

図 5 は、“ディンプル割れ”の発生機構を模式的に示す図である。

図 6 は、冷却ドラムの周面において、窪み（ディンプル）が、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されている態様を模式的に示す図である。（a）は、上記窪みの表面形態を示す図であり、（b）は、上記窪みの断面形状を示す図である。

図 7 は、“微小突起”の断面形状の例を模式的に示す図である。

図 8 は、“細孔”の断面形状の例を模式的に示す図である。

図 9 は、冷却ドラムの周面に“微小突起”を形成した態様を平面的に、かつ、模式的に示す図である。

図 10 は、冷却ドラムの周面に“微小突起”を形成した態様の断面を模式的に示す図である。

図 11 は、冷却ドラムの周面に“細孔”を形成した態様を、平面的に、かつ、模式的に示す図である。

図 12 は、冷却ドラムの周面に“細孔”を形成した態様の断面を模式的に示す図である。

図 13 は、従来の冷却ドラムの周面におけるディンプルのレプリカを採取した後、電子顕微鏡で、45°斜めから観察（撮影）（15倍）した結果を示す図である。

図 14 は、従来の冷却ドラムの周面におけるディンプルのレプリカを採取した後、電子顕微鏡で、45°斜めから観察（撮影）（50

倍)した結果を示す図である。

図15は、本発明による冷却ドラムの周面におけるディンプルのレプリカを採取した後、電子顕微鏡で45°斜めから観察(撮影)(15倍)した結果を示す図である。

図16は、本発明による冷却ドラムの周面におけるディンプルのレプリカを採取した後、電子顕微鏡で45°斜めから観察(撮影)(50倍)した結果を示す図である。

図17は、本発明による冷却ドラムの周面におけるディンプルのレプリカを採取した後、電子顕微鏡で45°斜めから観察(撮影)(100倍)した結果を示す図である。

図18は、従来の冷却ドラムの周面のディンプルを二次元粗度計で測定した結果の一部(台地状部の発生比率:7.5%)を示す図である。

図19は、従来の冷却ドラムの周面のディンプルを二次元粗度計で測定した結果の一部(台地状部の発生比率:4.2%)を示す図である。

図20は、本発明による冷却ドラムの周面のディンプルを二次元粗度計で測定した結果の一部(台地状部の発生比率:1.1%)を示す図である。

図21は、本発明による連続鋳造用冷却ドラムの表面の態様を示す図である。(a)は、表面近傍を拡大して示す断面図、ならびに(b)は、表面の凹凸状況を色の濃さで表す表面図である。

図22は、本発明による連続鋳造用冷却ドラムの表面の他の態様を示す図である。

図23は、本発明の連続鋳造方法を実施する装置の側面図である。

図24は、本発明による薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムのディン

プル加工装置の構成を示す図である。

図 2 5 は、本発明の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムのディンプル加工装置に用いる Q スイッチ C O₂ レーザの一構成要素である回転チョッパの形状を模式的に示す図である。

図 2 6 は、Q スイッチ C O₂ レーザ発振波形の一例を示す図である。

図 2 7 は、各種のパルスエネルギーとパルス全幅の組合せ条件で、Q スイッチ C O₂ レーザによって穴加工を行った実験結果を示すグラフである。(a) は、パルス全幅と穴深さとの関係を示すグラフ、(b) は、パルス全幅と表面穴径との関係を示すグラフである。

図 2 8 は、図 2 7 のデータの内、パルス全幅 3 0 μ s e c の条件のデータに関して、パルスエネルギーと穴深さとの関係を示すグラフである。

図 2 9 は、本発明の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムのディンプル加工方法を用いて加工を行った結果の表面概観を示す図である。

図 3 0 は、本発明のレーザによる金属材料の穴加工方法における加工現象を側方から示す図である。

図 3 1 は、本発明の実施例に用いた石油系潤滑材の赤外透過特性を測定した結果を示すグラフである。(a) は、潤滑材厚み 1 5 μ m の場合の結果を示すグラフ、(b) は、潤滑材厚み 5 0 μ m の場合の結果を示すグラフである。

図 3 2 は、本発明の実施例に用いた石油系潤滑材の波長 1 0 . 5 9 μ m における、塗布層厚みに対する光透過率特性の関係を示すグラフである。

図 3 3 は、本発明の実施例として穴加工を施した表面の表面概観を示す図である。(a) は、従来法で塗布材無しの結果を示し、(b) は、本発明の条件で図 3 1 に示す塗布材を 5 0 μ m 塗布した結

果を示し、および（c）は、本発明から逸脱する条件として図31に示す塗布材を200 μ m塗布した結果を示す。

〔発明を実施するための最良の形態〕

本発明について、さらに詳細に説明する。

1) 請求の範囲1～12に記載の発明と該発明に関連する発明について

上記発明は、周面に、所定形状の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されている冷却ドラムにおいて、ディンプル（窪み）の頂部および／またはディンプル（窪み）の表面に、微小突起、細孔または微細凹凸を形成することを基本的な技術思想とする。

これは、前記知見に従い、ディンプルの頂部に、微小突起または細孔を形成することにより、溶鋼の凝固を遅らせる機能を付与し、また、ディンプルの表面に、微小突起、細孔または微細凹凸を形成することにより、溶鋼の凝固を促進する機能を付与したものである。

ここで、図6に、冷却ドラムの周面において、窪み16が、窪みの頂部17を介して相互に隣接して形成されている態様を模式的に示す。図6（a）に、窪みの表面形態を模式的に示すが、図6（a）において、実線がディンプルの頂部である。この表面形態の断面を図6（b）に、模式的に示す。

図6（b）に示すように、ディンプルを形成したままのディンプルの頂部は、鋭角的な形状をなしているが、該頂部に、多数の微小突起を形成すると、該微小突起は、狭い鋭角的形状の頂部で相互に連続した態様で形成されるので、ディンプルの頂部は“丸み”を帯びることになる。

ここで、図7に、“微小突起”の断面形状の例を、模式的に示す

。図 7 に例示する“微小突起”がディンプルの頂部に、相互に連続した態様で形成されてディンプルの頂部が“丸み”を帯びることになる。

上記“丸み”を帯びたディンプル頂部は、該頂部に当接した溶鋼における凝固核の生成を遅延せしめ、溶鋼の凝固の進行を遅くさせる作用をなす。また、上記“丸み”を帯びた頂部は、ディンプルの底部に溶鋼が侵入するのを促進する作用をなす。その結果、溶鋼は、溶鋼の静圧や冷却ドラムの圧下力の下で、容易にディンプルの底部に当接することになる。

鋭角的な形状のディンプル頂部に“細孔”を形成すると、鋭角的な形状が消滅するとともに、ガスを保持する緩冷却部が形成されるので、“細孔”を有するディンプル頂部は、該頂部に当接した溶鋼における凝固核の生成を遅延せしめ、溶鋼の凝固の進行を遅くさせる作用をなす。

ここで、図 8 に、“細孔”の断面形状の例を模式的に示す。図 8 に例示する“細孔”がディンプルの頂部に形成されて、該頂部の鋭角的な形状が消滅する。

また、ディンプル頂部における“細孔”の存在により、ディンプルの底部に溶鋼が侵入するのが促進され、同様に、溶鋼の静圧や冷却ドラムの圧下力の下で、溶鋼が容易にディンプルの底部に当接することになる。

なお、ディンプルの頂部に、“微小凹凸”を形成すると、上記“丸み”の機能と、上記“細孔”の機能を併せ持つことになる。

一方、ディンプルの底部表面に形成した“微小突起”、“細孔”または“微細凹凸”は、該表面に当接した溶鋼における凝固核の生成を促進し、溶鋼の凝固を促進する作用をなす。

ここで、図 9 および図 10 に、冷却ドラムの周面に、“微小突起

18”を形成した態様を、また、図11および図12に、冷却ドラムの周面に、“細孔19”を形成した態様を模式的に示す。

このように、本発明の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム（以下「本発明の冷却ドラム」という。）は、“酸洗むら”および“酸洗むら付随割れ”の発生を抑制するのに十分な“ディンプル深さ”を確保したうえ、ディンプルの頂部においては、溶鋼の凝固を遅らせるとともに、ディンプル底部への溶鋼の侵入を促進し、かつ、ディンプルの底部表面においては、侵入して該表面に当接した溶鋼の凝固を促進する機能を有するものである。

したがって、本発明の冷却ドラムにおいては、冷却ドラム周面上での凝固の態様が均一化されているから、従来、ディンプルの単位毎に発生し、蓄積される不均一応力・歪み（“ディンプル割れ”の原因となる。）は低減されることになる。

また、本発明の冷却ドラムにおいては、かりに、冷却ドラムと溶鋼との間にスカムが巻き込まれ、スカムが付着した溶鋼部分の凝固が遅れ、スカム付着部位で、薄い凝固シェルが形成されたとしても、凝固シェル厚の不均一度は20%以下に抑制されるから、凝固シェル厚の不均一部分に発生し、蓄積される“歪み”（“酸洗むら付随割れ”の原因となる。）は低減されることになる。

本発明の冷却ドラムにおいては、その周面に、平均深さが40～200 μm 、円相当の径が0.5～3mmの窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されていることが好ましい（図6、参照）。

窪み（ディンプル）の平均深さが40 μm 未満であると、ディンプルによるマクロな応力・歪みの緩和効果が得られないので、下限は40 μm とする。一方、窪み（ディンプル）の平均深さが200 μm を超えると、ディンプル底部への溶鋼の侵入が不十分となるの

で、上限は $200\ \mu\text{m}$ とする。

窪みの大きさは、円相当の径で $0.5\sim 3\ \text{mm}$ が好ましい。この径が $0.5\ \text{mm}$ 未満であると、ディンプル底部への溶鋼の侵入が不十分となるので、下限は $0.5\ \text{mm}$ とする。一方、円相当の径が $3\ \text{mm}$ を超えると、ディンプル単位での応力・歪みの蓄積が多くなり、ディンプル割れが発生し易くなるので、上限は $3\ \text{mm}$ とする。

そして、上記形状の窪みの表面に、所要形状の“微小突起”、“細孔”または“微細凹凸”を形成するのが好ましい。以下、それらの所要形状について説明する。

(a) 微小突起

上記形状の窪みの表面に、高さが $1\sim 50\ \mu\text{m}$ 、円相当の径が $5\sim 200\ \mu\text{m}$ の微小突起を形成する。

高さが $1\ \mu\text{m}$ 未満であると、突起が溶鋼と十分に接触することができず、凝固核の生成が起こらないので、下限は $1\ \mu\text{m}$ とする。一方、高さが $50\ \mu\text{m}$ を超えると、突起底部での溶鋼の凝固が遅れ、窪み内での凝固シェルの不均一が発生するので、上限は $50\ \mu\text{m}$ とする。

また、円相当の径が $5\ \mu\text{m}$ 未満であると、突起での冷却が不十分となり、凝固核の生成が起こらないので、下限は $5\ \mu\text{m}$ とする。一方、円相当の径が $200\ \mu\text{m}$ を超えると、突起への溶鋼の接触が不十分な部位が発生し、凝固核の生成が不均一となるので、上限は $200\ \mu\text{m}$ とする。

(b) 細孔

上記形状の窪みの表面に、深さが $5\ \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5\sim 200\ \mu\text{m}$ の細孔を形成する。

深さが $5\ \mu\text{m}$ 未満であると、細孔部でのエアギャップの生成が不十分となり、細孔部以外の窪み表面での確実な凝固核の生成を達成

できないので、下限は $5\ \mu\text{m}$ とする。

また、円相当の径が $5\ \mu\text{m}$ 未満であると、細孔部での冷却緩和効果が十分に発揮されず、凝固核の発生を細孔部以外の窪み表面に限定できないので、下限は $5\ \mu\text{m}$ とする。一方、円相当の径が $200\ \mu\text{m}$ を超えると、細孔部にまで溶鋼が侵入し、侵入した溶鋼が凝固して凝固シェルを拘束し、歪の集中を起こし割れの発生を助長するので、上限は $200\ \mu\text{m}$ とする。

(c) 微細凹凸

上記形状の窪みの表面に、平均深さが $1\sim 50\ \mu\text{m}$ 、円相当の径が $10\sim 200\ \mu\text{m}$ の微細凹凸を形成する。

平均深さが $1\ \mu\text{m}$ 未満であると、凹凸部での凝固核の生成が起こらないので、下限は $1\ \mu\text{m}$ とする。一方、平均深さが $50\ \mu\text{m}$ を超えると、凹凸底部での凝固が遅れ、窪み内での凝固シェルの不均一が発生するので、上限は $50\ \mu\text{m}$ とする。

また、円相当の径が $10\ \mu\text{m}$ 未満であると、凹凸部での凝固核の生成が起こらないので、下限は $10\ \mu\text{m}$ とする。一方、円相当の径が $200\ \mu\text{m}$ を超えると、凹凸部への溶鋼の接触が不十分な部位が発生し、凝固核の生成が不均一となるので、上限は $200\ \mu\text{m}$ とする。

さらに、本発明の冷却ドラムにおいては、その周面に、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成した“平均深さが $40\sim 200\ \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5\sim 3\ \text{mm}$ の窪み”の頂部に、所要形状の微小突起を隣接して形成して、該頂部に“丸み”をつけるか、もしくは、所要形状の“細孔”を形成するのが好ましい。それらの所要形状について説明する。

(d) 微小突起

上記形状の窪みの頂部に、高さが $1\sim 50\ \mu\text{m}$ 、円相当の径が 3

0 ～ 200 μm の微小突起を隣接して形成する。

高さが1 μm 未満であると、ディンプル頂上部での凝固核生成の遅延効果が得られないので、下限は1 μm とする。一方、高さが50 μm を超えると、ディンプル底部への溶鋼の侵入が不十分となるので、上限は50 μm とする。

また、円相当の径が30 μm 未満であると、ディンプル頂上部での凝固核生成の遅延効果が得られないので、下限は30 μm とする。一方、円相当の径が200 μm を超えると、ディンプルによる応力・歪みの緩和効果が得られないので、上限は200 μm とする。

(e) 細孔

上記形状の窪みの頂部に、深さが5 μm 以上、円相当の径が5 ～ 200 μm の細孔を形成する。

深さが5 μm 未満であると、細孔部でのエアギャップの形成が不十分となり、凝固核生成の遅延効果が得られないので、下限は5 μm とする。

また、円相当の径が5 μm 未満であると、細孔部以外の頂上近傍で凝固核が生成し、ディンプル底部への溶鋼の侵入促進効果が得られないので、下限は5 μm とする。一方、円相当の径が200 μm を超えると、ディンプル頂上部の高さが見かけ上低くなり、応力・歪みの緩和効果が得られないので、上限は200 μm とする。

本発明においては、鋼種や、所望の板厚、品質に応じ、上記(a) ～ (e)の“微小突起”、“細孔”および“微細凹凸”を、適宜、組み合わせて、冷却ドラムの周面構造を構成することができる。

そして、本発明の冷却ドラムは、単ロール式の連続鋳造、および、双ロール式の連続鋳造のいずれにも使用することができる。

次に、本発明の冷却ドラムを用い、単ロール式の連続鋳造、および、双ロール式の連続鋳造のいずれかで連続鋳造した薄肉鋳片につ

いて説明する。

本発明の薄肉鋳片は、基本的には、溶鋼が、冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点にして凝固を開始し、次いで、上記窪みの表面上の微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点にして凝固したものである。

ここで、冷却ドラムの周面上の窪みの円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{ mm}$ であると、該窪みの頂部に当接した溶鋼部位では、凝固核発生起点が、該頂部に沿い、即ち、円相当の径で $0.5 \sim 3 \text{ mm}$ の環状に生成する。

窪みの表面上の“微小突起”、“細孔”または“微細凹凸”に当接した溶鋼部位で生成する凝固核発生起点は、 $250 \mu\text{m}$ 以下の間隔で生成せしめることが好ましい。

即ち、上記窪みの表面には、円相当の径の上限が $200 \mu\text{m}$ の“微小突起”、“細孔”または“微細凹凸”を、 $250 \mu\text{m}$ 以下の間隔で形成し、上記凝固核発生起点の生成を促進することが好ましい。

本発明の薄肉鋳片においては、溶鋼が、冷却ドラムの周面上の窪みの“頂部”および“底部表面”に当接して凝固することにより、その表面に、“網状の連続凹み”が形成されるとともに、該“網状の連続凹み”で区画されたそれぞれの領域の内に、“微小な凹み”および／または“微小な突起”が形成されることがある。

上記“微小な凹み”および／または“微小な突起”は、本発明の冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に、“細孔”もしくは“微細凹凸”を形成した場合に、それらに対応して、薄肉鋳片の表面上に形成されるものである。

本発明の冷却ドラムの周面上の窪みの円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{ mm}$

mであると、上記“網状の連続凹み”で区画されたそれぞれの領域は、該窪みの円相当の径に相応して、円相当の径で0.5～3mmの領域となる。

そして、また、上記網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域の内には、冷却ドラムの窪みの表面上の微小突起、細孔または微細凹凸に当接して“微小な凹み”および／または“微小な突起”が形成される。この“微小な凹み”および／または“微小な突起”は、250μm以下の間隔で存在することが好ましい。

本発明の薄肉鋳片は、最も好ましくは、溶鋼が、冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に当接した溶鋼部位に形成された網状の連続凹みに沿って生成した凝固核発生起点を起点にして、該網状の連続凹みの形状を保持したまま凝固を開始し、次いで、上記窪みの表面上の“微小突起”、“細孔”または“微細凹凸”に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点として凝固したものである。

さらに、好ましくは、上記薄肉鋳片において、上記網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域が、円相当の径で0.5～3mmの領域であり、および／または、上記微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点が、250μm以下の間隔で生成したものである。

以下、本発明の実施例について説明するが、本発明は、実施例で用いた冷却ドラムの周面構造、連続鑄造条件、および、これら周面構造および連続鑄造条件で得られた薄肉鋳片の形状・構造に限定されるものではない。

(実施例1)

SUS304系ステンレス鋼を示す双ドラム式連続鑄造機により、板厚3mmの帯状薄肉鋳片を鑄造し、その後、該鋳片を冷間圧延して、板厚0.5mmの薄板製品を製造した。上記帯状薄肉鋳片を

鑄造するに際し、幅 1 3 3 0 m m、直径 1 2 0 0 m m の冷却ドラムの周面を、表 1 に示す条件で加工した。なお、表 1 において、“窪み”は、ショットブラストで加工したものである。

最終的に得られた薄板製品の表面品質は、表 1、表 2（表 1 の続き）および表 3（表 2 の続き）に示すとおりである。

なお、割れ・光沢むらは、薄肉鑄片を冷間圧延および酸洗焼鈍した後、肉眼観察により判定し、組織は、鑄片表面を研磨・エッチングした後、顕微鏡観察により判定し、表面の凹凸は、3次元粗度計で測定した。

表 1

No	窪み		窪み頂部の形態			窪み表面の形態			凝固核発生起点		薄片表面形状		品質		
	深さ (μm)	径 (mm)	形状	高さ、 深さ (μm)	径 (μm)	形状	高さ、 深さ (μm)	径 (μm)	環状 起点 の径 (mm)	環状起点 内部の起 点間隔 (μm)	網状の 凹みの 径 (mm)	網状凹み 内部の凹 みの間隔 (μm)	ディン ブル 割れ	酸洗 むら 付随 割れ	酸洗 むら
1	40	1	—	—	—	突起	1	50	1	200	1	200	◎	○	○
2	100	2	—	—	—	突起	50	100	2	100	2	100	◎	◎	◎
3	150	0.8	—	—	—	突起	30	5	0.8	250	0.8	250	○	◎	◎
4	200	2	—	—	—	突起	40	200	2	150	2	150	○	◎	◎
5	100	2	—	—	—	細孔	5	40	2	200	2	200	◎	◎	◎
6	40	3	—	—	—	細孔	100	150	3	150	3	150	◎	○	○
7	200	0.5	—	—	—	細孔	40	10	0.5	200	0.5	200	○	◎	◎
8	150	2	—	—	—	細孔	60	200	2	250	2	250	◎	◎	◎
9	50	1	—	—	—	微細凹凸	1	50	1	150	1	150	◎	○	○
10	200	1.5	—	—	—	微細凹凸	50	100	1.5	200	1.5	200	○	◎	◎
11	80	2	—	—	—	微細凹凸	20	10	2	150	2	150	◎	◎	◎
12	150	2	—	—	—	微細凹凸	40	200	2	200	2	200	○	◎	◎

表2 (表1の続き)

No	窪み		窪み頂部の形態			窪み表面の形態			凝固核発起点			鏡片表面形状		品質	
	深さ (μm)	径 (mm)	形状	高さ、 深さ (μm)	径 (μm)	形状	高さ、 深さ (μm)	径 (μm)	環状 起点 の径 (mm)	環状起点 内部の起 点間隔 (μm)	網状の 凹みの 径 (mm)	網状凹み 内部の凹 みの間隔 (μm)	ディン ブル 割れ	酸洗 むら 付随 割れ	酸洗 むら
13	50	1	突起	1	150	—	—	—	1	270	1	270	○	◎	○
14	140	2	突起	50	80	—	—	—	2	260	2	260	○	◎	◎
15	100	0.5	突起	20	30	—	—	—	0.5	310	0.5	310	○	◎	◎
16	80	1.5	突起	8	200	—	—	—	1.5	280	1.5	280	○	◎	◎
17	120	1	突起	1	100	突起	1	50	1	150	1	150	◎	◎	◎
18	150	2	突起	50	150	突起	50	150	2	160	2	160	◎	◎	◎
18	100	1.8	突起	30	30	突起	20	5	1.8	110	1.8	110	◎	◎	◎
20	140	3	突起	5	200	突起	30	200	3	210	3	210	◎	◎	◎
21	60	2.5	突起	1	70	細孔	5	50	2.5	80	2.5	80	◎	◎	○
22	150	2.8	突起	50	130	細孔	100	100	2.8	50	2.8	50	◎	◎	◎
23	100	2.2	突起	40	30	細孔	150	10	2.2	100	2.2	100	◎	◎	◎
24	80	2.5	突起	10	200	細孔	50	200	2.5	250	2.5	250	◎	◎	◎
25	110	3	突起	50	80	微細凹凸	20	120	3	200	3	200	◎	◎	◎
26	100	1.2	突起	1	140	微細凹凸	50	60	1.2	130	1.2	130	◎	◎	◎
27	80	2.8	突起	20	30	微細凹凸	1	10	2.8	80	2.8	80	◎	◎	◎
28	100	1.6	突起	8	200	微細凹凸	30	200	1.6	250	1.6	250	◎	◎	◎

表3 (表2の続き)

No	窪み		窪み頂部の形態			窪み表面の形態		凝固核発生起点		鋳片表面形状		品質			
	深さ (μm)	径 (mm)	形状	高さ、 深さ (μm)	径 (μm)	形状	高さ、 深さ (μm)	径 (μm)	環状 起点 の径 (mm)	環状 内部の起 点間隔 (μm)	網状の 凹みの 径 (mm)	網状凹み 内部の間隔 の径 (μm)	ディン ブル 割れ	酸洗 むら 付随 割れ	酸洗 むら
29	60	2	細孔	5	200	—	—	—	2	260	2	260	○	◎	○
30	80	1	細孔	150	10	—	—	—	1	300	1	300	○	◎	◎
31	200	2.5	細孔	50	10	—	—	—	2.5	270	2.5	270	○	◎	◎
32	150	2	細孔	100	200	—	—	—	2	280	2	280	○	◎	◎
33	160	1	細孔	5	15	突起	1	20	1	180	1	180	○	◎	◎
34	180	3	細孔	100	50	突起	50	100	3	150	3	150	◎	◎	◎
35	60	2.6	細孔	80	10	突起	20	5	2.6	100	2.6	100	◎	◎	◎
36	120	2.5	細孔	20	200	突起	30	200	2.5	250	2.5	250	◎	◎	◎
37	80	1.8	細孔	5	10	細孔	5	90	1.8	150	1.8	150	◎	◎	◎
38	200	2	細孔	100	200	細孔	100	170	2	200	2	200	◎	◎	◎
39	150	0.7	細孔	50	10	細孔	80	10	0.7	50	0.7	50	◎	◎	◎
40	100	1.5	細孔	10	100	細孔	20	200	1.5	220	1.5	220	◎	◎	◎
41	90	2.3	細孔	5	200	微細凹凸	1	190	2.3	220	2.3	220	◎	◎	◎
42	150	1.8	細孔	50	100	微細凹凸	50	80	1.8	100	1.8	100	◎	◎	◎
43	80	1.2	細孔	100	10	微細凹凸	20	10	1.2	80	1.2	80	◎	◎	◎
44	180	2.6	細孔	150	50	微細凹凸	30	200	2.6	250	2.6	250	◎	◎	◎
比較例 1	50	1.2	—	—	—	—	—	—	1.2	なし	1.2	なし	○	×	×
比較例 2	100	1.2	—	—	—	—	—	—	1.2	なし	1.2	なし	○	×	×
比較例 3	150	1.2	—	—	—	—	—	—	1.2	なし	1.2	なし	×	○	○

2) 請求の範囲 13 ~ 17 に記載の発明と該発明に関連する発明について

薄肉鋳片の表面割れを防止するためには、冷却ドラムと凝固シェルとの間にガスギャップを形成して凝固シェルの緩冷却すること、および、鋳片表面にディンプルによる凸転写を形成して凸転写の周縁部から凝固を開始させ、かつ、凝固を鋳片幅方向で均一にすることが必要である。一方、鋳造後の薄肉鋳片をインラインで圧延する場合には、圧延後の薄肉鋳片にスケール噛込み疵が発生し、この疵は冷延後の薄板製品でも残存する。

スケール噛込み疵は、凸転写部のうち高い凸転写の部分、すなわち、冷却ドラムの周面に加工した窪み（ディンプル）のうち深い窪み（ディンプル）と対応する部分で優先的に発生する。また、鋳造後にインラインで圧延しない場合には、スケール噛込み疵の発生はないが、冷延後でも凸転写が消えずに痕跡が残存する。

また、冷却ドラム周面に加工したディンプルは、長時間の鋳造により磨耗して寿命が低下する。上記凸転写によるスケール噛込み疵および窪みの磨耗による寿命低下を抑制するためには、最大深さと平均深さの差の小さいディンプルが有効であるとの知見を得、また、ショット粒の粒径分布の範囲（最大直径－平均直径）を小さくすると、ディンプル深さの分布範囲も小さくなることを解明した。

そして、ショットブラスト加工においては、 $\text{最大直径} \leq \text{平均直径} + 0.30 \text{ mm}$ を満足するショット粒を使用し、ディンプル深さの分布において、所望の平均深さを得るために、冷却ドラムの周面の硬度が高ければ、使用するショット粒の平均直径を大きくし、或いは、施工時のブラスト圧力を高くしていた。

しかしながら、上述の事実に基づいてディンプルを加工した冷却ドラムを用いて、鋳造した鋳片の表面には、依然として微小な表面

割れが発生した。そこで、本発明者は、現状のディンプルを詳細に観察した。その結果を図 1 3 および図 1 4 に示す。この図 1 3 および図 1 4 は、従来法として最も一般的なショットブラスト加工を行い、冷却ドラムの周面に、平均直径：2.1 mm、平均深さ：130 μ m のディンプルを付与し、この冷却ドラムの周面におけるディンプルのレプリカを採取した後、45° 斜めから電子顕微鏡で15倍（図 1 3）、50倍（図 1 4）で観察（撮影）した結果表面の凹凸形状）を示したものである。

図 1 3 および図 1 4 においては、窪みの凹凸が明瞭で、ディンプルの直径は4000 μ m、深さで100 μ mを越える深さに達している。このようなディンプルにおいては、ディンプルの直径および深さともに大きいため、凝固シェル形成時に、急冷却部と緩冷却部が混在することになる。これでは、冷却ドラムの周面に形成したディンプルの凹部では緩冷却過ぎ、一方、凸部では急冷却現象が発生するのは当然である。

更に、鑄造時の凝固現象は、ディンプルとの接触部位から凝固が開始するので、ディンプル径が大きい部分や深さが大きい部分では、急冷・緩冷の差が大きくなり過ぎて、ディンプル単位での微小割れが発生し易くなる。

本発明者は、冷却ドラムの周面に、平均直径：1.0～4.0 mm、平均深さ：40～170 μ m のディンプルを付与し、その後、このディンプルに、更に、平均直径数十～数百ミクロンという非常に小さいアルミナグリッドを吹付け、平均直径：10～50 μ m、平均深さ：1～50 μ m の微細凹凸および高さ1～50 μ m のアルミナグリッド破片喰い込みによる微小突起を形成した。

この場合において、前記アルミナグリッドは、ドラムの周面に衝突して窪みを形成するものや、衝突した瞬間に破砕して、その破片



が冷却ドラム周面に突き刺さり、そのまま破片としてドラムの周面に喰い込んで、鋭角または鈍角状の微小突起を形成する。従って、従来の大径で、深さの大きなディンプル内に、更に微細な凹凸、および、微小な突起が形成されることになる。この微細凹凸は、平均直径：10～50 μm 、平均深さ：1～50 μm で、微小突起の高さは1～50 μm である。

図15、図16および図17は、このようにして形成した冷却ドラムの周面におけるディンプルのレプリカを採取して、電子顕微鏡で、45°斜めから15倍（図15）、50倍（図16）、100倍（図17）で観察（撮影）した結果（表面の凹凸形状）を示すものである。図15（15倍）および図16（50倍）では、ディンプル内に微細凹凸が形成されている状態を見ることができる。

また、図17（100倍）には、矢印部で示す様に、アルミナグリッドの破片が喰い込んでいる部分を見ることができる。このようなディンプルにおいては、ディンプルからだけでなく、微細凹凸の凸部、および、微小突起からも凝固が開始するので、凝固シェル形成時に、急冷却部と緩冷却部の分布が小さくなり、より均一な冷却が可能になる。

本発明においては、上記サイズの微細凹凸を形成するために、数十～数百 μm のアルミナグリッドを使用する。該アルミナグリッドのサイズが数十 μm 未満では、微細凹凸の形成が困難であり、また、微小突起を形成するグリッド破片が小さ過ぎて突起形成の効果が得られず、一方、上記サイズが数百 μm 以上では、先に形成したディンプルサイズ（平均深さ40～200 μm ）を越えたり、グリッドの破片も大き過ぎることになる。それ故、用いるアルミナグリッドのサイズは数十～数百 μm とする。好ましくは、50～100 μm 前後のサイズのアルミナグリッドが最も効果を発揮する。

また、本発明で最初に形成するディンプルのサイズは、通常のショットブラスト法、フォトエッチング法、または、レーザー加工等のいずれかの手段で形成されるディンプルのサイズで十分であり、そのサイズは、平均直径：1.0～4.0 mm、平均深さ：40～200 μ mが好ましい。そして、このようなサイズで形成したディンプルの表面に、更に、数十～数百 μ mのサイズのアルミナグリッドを吹き付けて形成する微細凹凸のサイズは、平均直径が10～50 μ m、平均深さが1～50 μ mで、しかも、通常のディンプルの平均深さ以下であることが好ましい。

また、本発明において形成する微小突起は、高さが1～50 μ mである。なお、微細凹凸の形成には、アルミナグリッドを使用した¹が、Ni、Co、Co-Ni合金、Co-W合金、Co-Ni-W合金のいずれか1種以上からなる溶液をめっきする方法や、或いは溶射する方法を用いても良い。

このように、本発明においては、通常の方法で形成した通常のディンプル内に、更に、微細凹凸または微小グリッド破片を喰い込ませた微小突起を形成することにより、溶鋼の凝固開始点を、通常の窪み（ディンプル）よりも微細分散させて、冷却時における鑄片の微小割れを確実に防止することができる。

（実施例2）

次に、実施例について説明する。本発明においては、前述したような冷却ドラムを用い、溶鋼に可溶な非酸化性雰囲気下、または、溶鋼に可溶な非酸化性ガスと溶鋼に非可溶な非酸化性ガスの混合雰囲気下で鑄造し、鑄片に、本発明による冷却ドラムのディンプルを転写した。

表4に示すように、直径：1000 mm ϕ のCu製冷却ドラム周面にベースディンプルとして、通常のショットブラスト法により、

平均直径：平均直径：1.5～3.0 mm、平均深さ：30～250 μ mのディンプルを形成した。比較例としての冷却ドラムは、このショットブラスト法によるベースディンプルのままの例、またはベースディンプル深さが小さ過ぎる例、大き過ぎる、或いは微細凹凸が形成されても微細凹凸の直径、微細凹凸の深さ、或いは、微小突起の高さが、本発明の範囲に満たないものである。

一方、本発明の実施例においては、前記ベースディンプルの上に、更に、50～100 μ m前後のサイズのアルミナグリッドを吹き付け、平均直径：10～50 μ m、平均深さ：1～50 μ mの微細凹凸を形成し、同時に、前記アルミナグリッド破片を微小凹凸の面に喰い込ませ、1～50 μ mの高さを有する微小突起を形成した。上記表4にその結果を併せて示した。

表4において、No. 2およびNo. 8は本発明例で、残るNo. 1、3～7、9、10は何れも比較例である。本発明例のNo. 2およびNo. 8においては、鑄片割れ発生が皆無であった。

一方、比較例である通常のベースディンプルのままのNo. 1およびNo. 7の例では、割れ発生量が、それぞれ、0.2 mm/m² および0.3 mm/m² の鑄片割れが発生した。No. 3の例では微細凹凸の径が小さ過ぎたために、微細凹凸が形成されても、0.1 mm/m² の鑄片割れが発生した。

No. 4の例では、微細凹凸の深さが小さ過ぎ、また、微小突起の高さが小さ過ぎ、0.1 mm/m² の鑄片割れが発生した。No. 5の例では、ベースディンプル深さが小さ過ぎ、しかも、微細凹凸および微小突起も形成されていないために、17.0 mm/m² の大きな鑄片割れが発生した。

これは、ベースディンプル深さが小さ過ぎたことにより、緩冷却効果が不足したものと考えられる。また、同様に、No. 6の比較

例では、微細凹凸および微小突起を形成しても、ベースディンプルの深さが小さ過ぎ、 15.0 mm/m^2 の大きな鑄片割れが発生した。この比較例では、ベースディンプル深さが小さ過ぎ、微小凹凸および微小突起の効果が発揮されなかったものと考えられる。

更に、No. 9 の比較例では、ベースディンプルの平均深さが $250 \mu\text{m}$ と大き過ぎ、微細凹凸および微小突起がないことが相まって、 5.0 mm/m^2 の鑄片割れが発生した。No. 10 の比較例では、深さが $250 \mu\text{m}$ という大きなディンプル内に、微細凹凸および微小突起を付与したが、ベースディンプルが深過ぎて、微小凹凸および微小突起の効果が発揮されず、 3.0 mm/m^2 の鑄片割れが発生した。

表 4

No.	ベースディンプル		微 細 凹 凸		微小突起 高 さ (μm)	割れ発生量 (mm/m^2)	備 考
	平均深さ (μm)	平均直径 (mm)	直 径 (μm)	深 さ (μm)			
1	130	2.1	無			0.2	比較例
2	130	2.1	10-50	1-50	1-50	0.0	本発明例
3	130	2.1	1-5	1-50	1-50	0.1	比較例
4	130	2.1	10-50	< 1	< 1	0.1	比較例
7	100	2.0	無			0.3	比較例
8	100	2.0	10-50	1-50	1-50	0.0	本発明例
5	30	1.5	無			17.0	比較例
6	30	1.5	10-50	1-50	1-50	15.0	比較例
9	250	3.0	無			5.0	比較例
10	250	3.0	10-50	1-50	1-50	3.0	比較例

3) 請求の範囲 18 および 19 に記載の発明と該発明に関連する発明について



従来より冷却ドラム周面に加工するディンプルは、ショットブラスト加工、フォトエッチング加工、または、レーザ加工等の加工手段により、ディンプルのサイズが、平均直径：1.0～4.0 mm、最大直径：1.5～7.0 mm、平均深さ：40～170 μ m、最大深さ：50～250 μ mであるディンプルを長年の研究と操業実績を基に付与しているが、前「2）」で述べたように、鋳片表面には依然として微小な表面割れが発生した。そこで、本発明者は現状のディンプルの状態をさらに、詳細に観察した。その結果、隣接するディンプル間の形状が台形状をなし、しかも、その相互間の距離が1 mm以上を有する領域で転写した鋳片では、溶鋼の過冷却現象が起き、鋳片に微小割れが発生していることが分かった。

即ち、ショットブラスト施工によるディンプル形成の際に、通常の施工では凹凸の山部分が台形状になる部分があり、これが原因で鋳片に、上記割れや、亀裂が発生することから、この台形状部分を低減し、ディンプルの密度を高め、かつ、隣接するディンプル同士の間隔が狭いディンプルを冷却ドラムの周面に形成することが重要であることが判明した。

そこで、本発明者は、ディンプル施工後に表面を二次元粗度計で測定し、台形状部分の発生比率を、凹凸の山部が2 mm以上連続するエリアの発生比率と近似するとともに、その部分の発生比率を波形不良率として定義し、この波形不良率を3%以下、好ましくは、2.5%以下とすることで、ディンプル不良に起因する鋳片割れを解決することができることを知見した。

そして、この解決のためには、ショットブラスト施工に使用する様々なサイズのブラスト球を、通常、直径1.5～2.5 mmの範囲内に揃えることや、ブラスト時のノズル形状、加工圧力を最適化することが必要であることを知見した。

図 1 8、図 1 9 および図 2 0 に、ディンプル施工後、冷却ドラムの表面を二次元粗度計で測定した結果の一部を、それぞれ示した。全測定長 1 8 0 m m に対して、台形状部の発生比率、即ち、凹凸の山部が 2 m m 以上連続する発生比率が、図 1 8 では 7 . 5 %、図 1 9 では 4 . 2 % であり、この時には、鋳片に微小割れが発生している。図 1 8 および図 1 9 において、丸で囲った部位は波形不良部を示している。一方、図 2 0 においては、前記台形状部の発生比率が 1 . 1 % であり、鋳片において、微小割れの発生は殆ど観察されなかった。なお、数 % の不良率を測定するためには、測定長は少なくとも 5 0 m m 以上は必要であり、測定長 1 0 0 m m 以上で測定することが好ましい。

前述したような本発明による冷却ドラムを用い、溶鋼を、溶鋼に可溶な非酸化性雰囲気下、または、溶鋼に可溶な非酸化性ガスと溶鋼に可溶な非酸化性ガスの混合雰囲気下で鋳造し、鋳片に、本発明による冷却ドラムのディンプルを転写させることにより、溶鋼の凝固開始点を微細分散させ、冷却時における鋳片の微小割れを確実に防止することができる。

(実施例 3)

次に、実施例について説明する。本発明においては、前述したような冷却ドラムを用い、溶鋼を、溶鋼に可溶な非酸化性雰囲気下、または、溶鋼に可溶な非酸化性ガスと溶鋼に可溶な非酸化性ガスの混合雰囲気下で鋳造し、鋳片に本発明による冷却ドラムのディンプルを転写させて、連続鋳造を実施した。

表 5 に示すように、直径：1 0 0 0 m m ϕ の C u 製冷却ドラムの周面に、ベースディンプルとして、直径 1 . 5 ~ 2 . 5 m m のサイズのプラスト球をショットブラストすることにより、平均深さ：3 0 ~ 2 5 0 μ m、平均直径：1 . 5 ~ 3 . 0 μ m の範囲内で、種々

のディンプルを形成し、波形不良率、および、割れ発生量を測定した。その結果を表5に併せて示す。

表5において、実施例No. 3、4およびNo. 8は、本発明例で、残るNo. 1、No. 2、No. 5～7、No. 9、No. 10は何れも比較例である。本発明例No. 3、4およびNo. 8においては、鑄片割れが皆無であったのに対し、比較例のNo. 1およびNo. 2では、波形不良率が7.5%、および、4.2%と何れも悪く、そのために、割れ発生量が、それぞれ、0.5 mm/m²、および、0.2 mm/m²の鑄片割れが発生した。

比較例のNo. 5、およびNo. 7では、波形不良率が、それぞれ、4.2%および4.5%と何れも悪く、そのために、割れ発生量が、それぞれ、17.0 mm/m² および0.3 mm/m²の鑄片割れが発生した。特に、No. 5は、ベースディンプルが浅すぎ、緩冷却効果が不足した場合である。

また、比較例のNo. 6では、波形不良率が1.1%と低いにもかかわらず割れ発生量が15.0 mm/m²と高い値を示した。これは、No. 5と同様に、ベースディンプルが浅すぎ、緩冷却効果が不足したからである。

比較例のNo. 9およびNo. 10では、波形不良率が、それぞれ、4.5%、および、2.2%で、割れ発生量が、それぞれ、5.0 mm/m²、および、3.0 mm/m²の鑄片割れが発生した。これは、ベースディンプルが深すぎ、ディンプル単位の冷却むらに起因する割れが発生したからである。

表 5

実施例 No.	ベースディンプル		波形不良率 (%)	割れ発生量 (mm/m ²)	備考
	平均深さ (μm)	平均直径(mm)			
1	130	2.1	7.5	0.5	比較例
2	130	2.1	4.2	0.2	比較例
3	130	2.1	2.9	0.0	本発明例
4	130	2.1	1.1	0.0	本発明例
7	100	2.0	4.5	0.3	比較例
8	100	2.0	0.9	0.0	本発明例
5	30	1.5	4.2	17.0	比較例
6	30	1.5	1.1	15.0	比較例
9	250	3.0	4.5	5.0	比較例
10	250	3.0	2.2	3.0	比較例

4) 請求の範囲20～30に記載の発明と該発明に関連する発明について

上記発明の薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム（以下「本発明の冷却ドラム」という。）は、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが40～200μm、円相当の径が0.5～3mmの窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該周面に、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されていることを基本的な技術思想とする。

これは、前記知見に従い、メッキが施されたドラム周面に、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜を形成することにより、冷却ドラムの周面に、該周面と溶鋼との間で熱抵抗となるガスギャップの生成を極力抑制することができる機能を付与したもので

ある。

冷却ドラムの周面上で、凝固シェルが形成される際、ガスギャップが存在しなければ、スカムが流入し、スカムが付着した部位の溶鋼の凝固が遅れても、スカムが付着していない溶鋼の凝固との間に、“酸洗むら付随割れ”を誘起するに足る凝固不均一は生じない。

通常、薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムの表面には、緩冷却化と長寿命化（熱応力による表面の亀裂の発生防止）のために、Cuより熱伝導率が低く、かつ、硬くて熱応力に強いNiメッキを施すが、該メッキは、Niよりも酸化され易い元素、例えば、W、Co、Fe、Crの1種または2種以上を含むメッキであることが好ましい。

本発明の冷却ドラムにおいては、ドラムの表面における緩冷却化と長寿命化を維持しつつ、スカムとの濡れ性を改善するため、該表面に、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜を形成する。

スカムは、溶鋼を構成する元素の酸化物の凝集体であるから、上記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質としては、連続鑄造される溶鋼を構成する元素の酸化物が好ましい。

そして、上記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜は、溶鋼を構成する元素の酸化物を、スプレーやロールコーター等の手段で、冷却ドラムのメッキ周面に被覆した皮膜でもよいし、また、操作中、冷却ドラム周面上のメッキに、溶鋼中の成分元素が酸化して生成した酸化物が付着して形成された皮膜でもよい。

また、上記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質は、冷却ドラム周面上のメッキを構成する元素の酸化物であってもよい。これは、冷却ドラム周面上のメッキが溶鋼の熱で酸化されて生成した酸化物は、スカムとの濡れ性が、該メッキよりも良いからである。

それ故、実際には、冷却ドラム周面上に、改めて、メッキを構成する元素の酸化物の皮膜を形成する必要はなく、操作中、溶鋼の熱で冷却ドラムの周面上に形成されたメッキの酸化物をそのまま残して使用することができる。

本発明の冷却ドラムにおいては、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されている。

窪み（ディンプル）の平均深さは $40 \sim 200 \mu\text{m}$ とする。この平均深さが $40 \mu\text{m}$ 未満であると、ディンプルによるマクロな応力歪みの緩和効果が得られないので、下限は $40 \mu\text{m}$ とする。一方、平均深さが $200 \mu\text{m}$ を超えると、ディンプル底部への溶鋼の侵入が不十分となり、ディンプルの不均一性が増大するので、上限は $200 \mu\text{m}$ とする。

窪みの大きさは、円相当の径で $0.5 \sim 3 \text{mm}$ とする。この径が 0.5mm 未満であると、ディンプル底部への溶鋼の侵入が不十分となり、ディンプルの不均一性が増大するので、下限は 0.5mm とする。一方、円相当の径が 3mm を超えると、ディンプル単位での応力・歪みの蓄積量が多くなり、ディンプル割れが発生し易くなるので、上限は 3mm とする。そして、本発明の冷却ドラムにおいては、上記形状の窪みを、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成する。

このような窪みを形成すると、窪みそれぞれが、凝固シェルに働く応力・歪みを分散化することができ、凝固シェルに働くマクロな応力・歪みを低減することが可能となる。

なお、上記窪みの形成態様は、図6に示すとおりである。

本発明の冷却ドラムにおいては、上記形状の窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起を形成す

ることが好ましい。この微小突起により、窪みの表面に当接した溶鋼の凝固を促進することができる。

なお、“微小突起”の形状は、図7に示すとおりである。

高さが $1\ \mu\text{m}$ 未満であると、突起が溶鋼と十分に接触することができず、凝固核の生成が起こらず、溶鋼の凝固を促進することができないので、下限は $1\ \mu\text{m}$ とする。一方、高さが $50\ \mu\text{m}$ を超えると、突起底部での溶鋼の凝固が遅れ、窪み内での凝固シェルの不均一が発生するので、上限は $50\ \mu\text{m}$ とする。

また、円相当の径が $5\ \mu\text{m}$ 未満であると、突起での冷却が不十分となり、凝固核の生成が起こらないので、下限は $5\ \mu\text{m}$ とする。一方、円相当の径が $200\ \mu\text{m}$ を超えると、突起への溶鋼の接触が不十分な部位が発生し、凝固核の生成が不均一となるので、上限は $200\ \mu\text{m}$ とする。

そして、上記微小突起は、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されているものである。

また、本発明の冷却ドラムにおいて、上記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されている微小突起は、溶鋼中の成分元素が酸化して生成した酸化物が付着した微小突起であってもよい。上記微小突起に、溶鋼中の成分元素が酸化して生成した酸化物が付着することにより、微小突起とスカムとの濡れ性がより向上し、該微小突起に当接した溶鋼部位において、より多くの凝固核発生起点の生成を促し、溶鋼の凝固を速めることができる。

本発明の冷却ドラムにおいては、上記形状の窪みの頂部に、高さが $1\sim 50\ \mu\text{m}$ 、円相当の径が $30\sim 200\ \mu\text{m}$ で、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されている微小突起が、相互に隣接して形成されていることが好ましい。

ディンプルを形成したままのディンプルの頂部は、鋭角的な形状

をなしているが、該頂部に、多数の上記微小突起を相互に隣接した態様で形成することにより、“丸み”をつけることができる。この“丸み”により、ディンプルの頂部に当接した溶鋼においては、凝固核の生成が遅延し、凝固の進行が遅れることになる。また、上記“丸み”を帯びたディンプル頂部は、ディンプルの凹部に溶鋼が侵入するのを促進する作用をなす。その結果、溶鋼は、溶鋼の静圧や冷却ドラムの圧下力の下で、容易にディンプルの底部に当接することになる。

高さが $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満であると、ディンプル頂上部での凝固核生成の遅延効果が得られないので、下限は $1\text{ }\mu\text{m}$ とする。一方、高さが $50\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、ディンプル底部への溶鋼の侵入が不十分となるので、上限は $50\text{ }\mu\text{m}$ とする。

また、円相当の径が、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 未満であると、ディンプル頂上部での凝固核生成の遅延効果が得られないので、下限は $30\text{ }\mu\text{m}$ とする。一方、円相当の径が $200\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、ディンプルによる応力・歪みの緩和効果が得られないので、上限は $200\text{ }\mu\text{m}$ とする。

さらに、ディンプルを形成したままで、鋭角的な形状をなしているディンプルの頂部に、微小突起の代わりに、深さが $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ の“細孔”を形成することが好ましい。この“細孔”の形成により、ディンプルの頂部における鋭角的な形状が消滅するとともに、ガスを保持する緩冷却部（エアギャップ）が形成されるので、“細孔”を有するディンプル頂部は、該頂部に当接した溶鋼における凝固核の生成を遅延せしめ、凝固の進行を遅くさせる作用をなす。また、“細孔”を有するディンプル頂部は、ディンプルの凹部に溶鋼が侵入するのを促進する作用をなす。その結果、溶鋼は、溶鋼の静圧や冷却ドラムの圧下力の下で、容易に



ディンプルの底部に当接することになる。

なお、“細孔”の形状は、図8に示すとおりである。

深さが5 μm 未満であると、細孔部でのエアギャップの形成が不十分となり、凝固核生成の遅延効果が得られないので、下限は5 μm とする。

また、円相当の径が5 μm 未満であると、細孔部以外の頂上近傍で凝固核が生成し、ディンプル底部への溶鋼の侵入促進効果が得られないので、下限は10 μm とする。一方、円相当の径が200 μm を超えると、ディンプル頂上部の高さが見かけ上低くなり、応力・歪みの緩和効果が得られないので、上限は200 μm とする。

本発明の冷却ドラムにおいては、鋼種や、所望の板厚、品質に応じ、上記微小突起および細孔を、適宜、組合せて、冷却ドラムの周面構造を構成することができるが、最大の特長とするところは、該周面に、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜を形成することである。

即ち、本発明の冷却ドラムは、“ディンプル割れ”の発生、および、“酸洗むら”および“酸洗むら付随割れ”の発生の両方を抑制し、高品質の薄肉铸件、最終薄板製品を歩留り良く製造するため、ドラムの周面構造および周面材質の両観点から改善をしたものである。

そして、本発明の冷却ドラムは、単ロール式の連続 casting、および、双ロール式の連続 castingのいずれにも使用することができる。

以下、本発明の実施例について説明するが、本発明は、実施例で用いた冷却ドラムの周面構造および周面材質、および、連続 casting条件に限定されるものではない。

(実施例4)

SUS304系ステンレス鋼を双ドラム式連続 casting機により、板

厚 3 m m の帯状薄肉鋳片に鋳造し、冷間圧延して板厚 0 . 5 m m の薄板製品を製造した。上記鋳片を鋳造するに際し、幅 1 3 3 0 m m 、直径 1 2 0 0 . m m の冷却ドラムの外筒部は銅製とし、外筒部の周面には厚み 1 m m の N i メッキを施した後、表 6 に示す被覆層を形成した。

なお、表 6 において、窪みは、ショットブラストで加工したものである。

割れ・光沢むらは、薄肉鋳片を冷間圧延および酸洗焼鈍後に、肉眼観察により判定した。

表 6

No	窪み		窪み頂部の形態		窪み表面の形態		ドラム表面皮膜			品質		
	深さ (μm)	径 (mm)	形状	高さ、 深さ (μm)	径 (μm)	形状	高さ、 深さ (μm)	皮膜の組成	皮膜形成方法	スカム との 濡れ性	ディン ブル 割れ	酸洗む ら付随 割れ
1	40	1	—	—	—	—	—	MnO	スプレー	○	◎	○
2	100	2	—	—	—	—	—	MnO-FeO-SiO ₂	塗布ロール	○	◎	○
3	150	0.8	—	—	—	—	—	MnO-FeO-SiO ₂ -Cr ₂ O ₃	蒸着	○	○	○
4	200	2	—	—	—	—	—	MnO-FeO-SiO ₂ -Cr ₂ O ₃	溶銅成分の蒸発	○	○	○
5	100	2	—	—	—	—	—	WO ₂	スプレー	○	◎	○
6	40	3	—	—	—	—	—	Cr ₂ O ₃	塗布ロール	○	◎	○
7	200	0.5	—	—	—	—	—	WO ₂	メッキの酸化	○	○	○
8	150	2	—	—	—	—	—	Cr ₂ O ₃	メッキの酸化	○	◎	○
9	50	1	—	—	—	—	—	CoO	メッキの酸化	○	◎	○
10	200	1.5	—	—	—	—	—	FeO	メッキの酸化	○	○	○
11	80	2	—	—	—	—	—	MnO	メッキの酸化	○	◎	○
12	150	2	—	—	—	—	—	MnO-FeO-SiO ₂ -WO ₂	溶銅成分の蒸発+メッキの酸化	○	◎	○
13	50	1	—	—	—	突起	1 150	MnO-FeO-SiO ₂ -Cr ₂ O ₃	蒸着	○	○	◎
14	140	2	—	—	—	突起	50 100	MnO	スプレー	○	○	◎
15	100	0.5	—	—	—	突起	20 5	WO ₂	スプレー	○	○	◎
16	80	1.5	—	—	—	突起	30 200	WO ₂	メッキの酸化	○	○	◎
17	120	1	—	—	—	突起	50 100	Cr ₂ O ₃	塗布ロール	○	◎	○
18	150	2	—	—	—	突起	10 50	MnO-FeO-SiO ₂ -WO ₂	溶銅成分の蒸発+メッキの酸化	○	◎	○
19	100	1.8	突起	20 100	—	—	—	MnO-FeO-SiO ₂ -Cr ₂ O ₃	溶銅成分の蒸発	○	◎	◎
20	140	3	突起	5 50	—	—	—	WO ₂	スプレー	○	◎	◎
21	60	2.5	突起	50 30	—	—	—	MnO-FeO-SiO ₂	スプレー	○	◎	◎
22	150	2.8	突起	1 200	—	—	—	CoO	塗布ロール	○	◎	○
23	100	2.2	突起	30 150	—	—	—	MnO	メッキの酸化	○	◎	◎
24	80	2.5	突起	1 150	突起	10 5	Cr	Cr ₂ O ₃	塗布ロール	○	◎	◎
25	110	3	突起	50 30	突起	1 100	Ni-Fe	FeO	メッキの酸化	○	◎	◎
26	100	1.2	突起	30 100	突起	5 200	—	MnO-FeO-SiO ₂	塗布ロール	○	◎	◎
27	80	2.8	突起	20 200	突起	50 50	—	MnO-FeO-SiO ₂ -Cr ₂ O ₃	蒸着	○	◎	◎
28	100	1.6	突起	50 200	突起	20 150	Ni-W	MnO-FeO-SiO ₂ -WO ₂	溶銅成分の蒸発+メッキの酸化	○	◎	◎
29	60	2	細孔	50 5	突起	1 10	—	MnO-FeO-SiO ₂ -Cr ₂ O ₃	溶銅成分の蒸発	○	○	◎
30	80	1	細孔	100 10	突起	20 100	Ni-Co	MnO-FeO-SiO ₂ -CoO	溶銅成分の蒸発+メッキの酸化	○	○	◎
31	200	2.5	細孔	10 50	突起	10 5	Cr	Cr ₂ O ₃	メッキの酸化	○	○	◎
32	150	2	細孔	5 200	突起	30 200	Ni-W	WO ₂	スプレー	○	○	◎
33	160	1	細孔	80 100	突起	50 50	—	MnO	スプレー	○	◎	◎
比較例	50	1.2	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×

5) 請求の範囲 3 1 ~ 3 3 に記載の発明と該発明に関連する発明について

図 2 1 は、本発明に沿う冷却ドラムの周面表層の断面を拡大して示す図 (a)、ならびに、表面の凹凸状況を色の濃さで示す表面図 (b) である。以下では、図 2 1 を用いて本発明の冷却ドラムの各構成要件とその規定理由について詳細に説明する。

ドラム母材 2 0 においては、その温度を低く保ち発生熱応力を小さくして長寿命化を図るため、 $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の熱伝導率が要求される。Cu および Cu 合金の熱伝導率は $320\sim400\text{ W/m}\cdot\text{K}$ であるので、これら Cu および Cu 合金が、ドラム母材として最適である。

ドラム表面の中間層 2 1 の熱膨張係数を、ドラム母材 2 0 の熱膨張係数の 1.2 倍未満とすることにより、中間層 2 1 とドラム母材 2 0 間の熱膨張係数の差により発生する熱応力に起因する剪断応力を小さくして、中間層 2 1 の剥離を防止することができる。上記熱膨張係数の差が 1.2 倍以上であると、熱応力により、短期間で中間層 2 1 が剥離し、冷却ドラムが使用不能となる。この観点から、中間層 2 1 とドラム母材 2 0 の熱膨張係数は同じであることが望ましいが、中間層 2 1 に要求される硬度を満足する材料のほとんどは、上記熱膨張係数の差が 0.5 倍以上であるので、下限は実質的に 0.5 倍程度である。

中間層 2 1 のビッカース硬さ H_v が、150 未満であると、中間層 2 1 としての耐変形性に劣り寿命が短くなる。また、 H_v が 1000 を超えると靱性が低くなり、割れやすくなるので、中間層 2 1 の H_v は、1000 未満であることが望ましい。

中間層 2 1 の厚みは、ドラム母材 2 0 を熱的に保護するために、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上が必要であり、また、中間層 2 1 の表面の温度が上

がりすぎないための条件として、最大厚みは $2000\mu\text{m}$ であることが要求される。中間層21の形成材料としては、熱伝導率が $80\text{W/m}\cdot\text{K}$ 程度であり、ドラム母材20の温度を低く保つことができるNi、Ni-Co、Ni-Co-W、Ni-Feなどが適切であり、ドラム母材20に、めっきで被覆することが、結合力を安定させ強度を大きくでき寿命を長くできる。また、めっきは、均一な被覆を形成する上でも好ましい。

ドラム表面の最表層22の材質特性で要求される最も重要な特性は耐摩耗性である。実用的に最低限要求されるビッカース硬さHvは、200である。厚みは $1\mu\text{m}$ 以上あれば、十分な耐摩耗性を得ることができる。硬質めっき材料は、一般的に熱伝導率が低いので、表面温度が上昇しすぎないように、厚みは $500\mu\text{m}$ 以下である必要がある。

硬質めっきの形成材料としては、200以上のHvが得られる材料として、Ni-Co-W、Ni-W、Ni-Co、Co、Ni-Fe、Ni-Al、Crのいずれかが適切であり、中間層21にめっきで被覆することが、結合力を安定させ強度を大きくでき、冷却ドラムの長寿命化を図ることができる。

次に、冷却ドラムの周面表層における窪み16、および、微小穴（細孔）19の加工に係る要件について説明する。

冷却ドラムの周面表層には、まず、 1mm オーダーの長周期の凹凸（窪み16）が、ショットブラスト法などによって全面に亘って導入される。このような窪み16をつけた冷却ドラムを用いて溶湯を鑄造すると、まず、窪み凸部に溶湯が接触して凝固核の生成が起こり、一方、窪み凹部では、鑄片表面との間にガスギャップが生成して凝固核の生成は遅れる。窪み凸部での凝固核の発生によって凝固収縮応力は分散、緩和され、割れの発生は抑制される。

このような目的を達成するためには、窪み凸部が明確に規定される必要があり、このため、窪み 16 は互いに接するか、重なりを持つ条件で形成する必要がある（図 6、参照）。これは、窪み 16 が接しない条件で形成されると、元々の表面の平坦な部分が上記窪み凸部と同様な働きを行い、凝固核の発生を明確に規定できなくなるためである。

窪み直径は、窪み凹部での凝固遅れに伴って発生する凝固収縮応力に起因する割れ発生との関係で規定され、 $2000\ \mu\text{m}$ 以下である必要がある。また、この下限値は、後述する微小穴（細孔）19 の直径との関係で規定され、微小穴（細孔）の径以上であることが必要であることから $200\ \mu\text{m}$ となる。

窪みの深さは、上記ガスギャップを生成させるため $80\ \mu\text{m}$ 以上であることが要求される。また、窪みの深さが大きすぎると、窪み凹部のガスギャップの厚みが増大し、窪み凹部の凝固シェルの生成が大きく遅れ、窪み凸部の凝固シェルとの間の厚みの不均一が拡大して割れが発生する。それ故、窪みの深さは、 $200\ \mu\text{m}$ 以下である必要がある。以上の説明に示した窪みの形成によって、定常的な鑄造条件下においては、薄鑄片 C の割れ・光沢むらは有効に抑制される。

しかしながら、この窪みのみを形成した冷却ドラムによる鑄造では、〔背景技術〕の項で記述したように、酸化物（スカム）が冷却ドラムの回転とともに、流れ込む溶湯に付随して引き込まれ、鑄片の凝固シェルの表面に付着して鑄造される場合には、薄肉鑄片のスカム流入部と健全部との間に凝固不均一が生じて割れやむらが発生する可能性がある。

そこで、本発明者は、詳細にわたる実験研究を遂行した結果、この窪みに、さらに、微小穴（細孔）を特定条件で導入することによ

り、スカムが流入した箇所においても凝固不均一が発生しないことを解明した。

本発明者は、スカムが溶湯と冷却ドラムとの間に流入した場合に発生する凝固不均一は、スカムの熱伝導率の違いよりも、流入時に巻き込まれて生成する空気層の存在に起因することを見い出した。この際に、溶湯やスカムが表面張力によって流れ込まない程度の微小穴（細孔）が表面に存在すると、上記空気は、この微小穴（細孔）の部分に集約され空気層の形成が発生しない。

したがって、例えばスカムが流入しても凝固不均一の発生が抑制される。さらに、微小穴が存在することによって、上記窪みの要件で説明した凝固核の発生をより細かい間隔で規定することが可能になるので、ガスギャップ部における凝固遅れに伴う割れ発生を、より確実に抑制することができる。このような機能を達成するための微小穴（細孔）の要件としては、まず、溶湯やスカムが流れ込まないための穴直径の上限値として、該上限値が $200\ \mu\text{m}$ であることが要求される。さらに、空気が巻き込まれた際に、有効に微小穴に集約するための要件として、穴直径の最小値が $50\ \mu\text{m}$ と規定される。

さらに、微小穴の相互間隔は、空気を有効に集約するために、穴相互が接しないことが必要で、凝固核の発生を確実にするため、穴相互の中心間ピッチは、 $100\sim500\ \mu\text{m}$ であることが要求される。また、空気の集約機能を有効に発揮させ、かつ、凝固核の発生を明確に規定するためには、微小穴の深さとして、 $30\ \mu\text{m}$ 以上、好ましくは $50\ \mu\text{m}$ 以上が必要である。

以上のような窪みならびに微小穴は、冷却ドラム上に中間層 21、および、最表面層 22 を形成し、該最表面層 22 にめっき処理を施した後に例えば、ショットブラスト加工、次いで、レーザ加工に

より形成する。なお、最表層のめっき硬度が非常に高く、窪み形成時にめっき部に割れが発生する可能性がある場合には、中間層 2 1 をめっきした後に、例えば、ショットブラスト加工で窪みを形成し、その上に最表層 2 2 をめっきし、最後に、微小穴 1 9 を導入することも可能性である。

また、図 2 2 に示すように、ドラム母材の上に、中間層 2 1 をめっきした後に、例えば、ショットブラスト加工で窪み 1 6 を形成し次いでレーザ加工で微小穴 1 9 を導入し、最後に、硬質めっきを施し、最表層 2 2 を形成することもできる。この最表層形成の順序は、めっき種の選定にしたがって適宜選択できる。

これらの窪み 2 0 ならびに微小穴 2 1 を形成する手段としては、窪みに関しては相互が重なり合うパターンを導入する方法として、空間的にランダムなパターン形成が可能であるショットブラスト法が有効であるが、放電加工その他の手法によって、本発明で規定する条件を満たす加工ができる手段であればいずれでもよい。また、微小穴の形成手段としては、空間的なパターン制御が容易なパルスレーザ加工法が最も適しているが、フォトエッチング法などのその他の手法で実現することも可能である。

以上の説明においては、冷却ドラムについては、薄肉鋳片の鑄造に供する前に、本発明で規定する条件で製造し使用することを想定して記述したが、微小穴が鑄造の進行と共に磨滅する可能性がある最表層めっき種が選定された場合には、図 2 3 に示すように、鑄造中に冷却ドラム面が溶湯から離れたタイミングで、微小穴を、常時、パルスレーザ加工によって導入する手段をとることも可能である。図 2 3 に示す構成においては、レーザ発振器 2 3 から出力されたパルスレーザ光 1 4 を集光レンズ 2 5 で集光して照射することにより、周方向に微小穴を形成させることができる。

なお、図示しない光走査装置により紙面垂直方向にレーザ光を走査することにより、冷却ドラム 1、1' の全面に亘って、微小穴を形成することもできる。

(実施例 5)

オーステナイト系ステンレス鋼 (S U S 3 0 4) を図 1 に示す双ドラム式連続鑄造装置により、板厚 3 mm の帯状の薄肉鑄片に鑄造し、引続き熱間圧延し、その後に冷間圧延して、板厚 0.5 mm の薄板製品を製造した。上記薄肉鑄片を鑄造するに際し、幅 800 mm、直径 1200 mm の冷却ドラムの周面に、表 7 に示す条件で、中間層ならびに最表層をめっきし、窪みならびに微小穴を形成した冷却ドラムを用いた。

冷却ドラムの周面表層 d に対する加工方法としては、窪みの形成にはショットブラスト法を用い、また、微小穴の形成にはレーザー加工法を用いた。冷却ドラムの耐久性の評価に関しては、それぞれ、20 回の鑄造を行い、その周面表層 d の損耗状態を目視評価することによって行った。また、鑄片品質の評価に関しては、冷間圧延後の薄板製品を目視検査することによって行った。

N o. 1 ~ 8 は発明例を示す。N o. 9 および 10 は、従来法による比較例として N i めっき表面ドラムにおいて、微小穴の有無のケースを示す。発明例では、いずれのケースにおいても、冷却ドラムの耐久性に優れ、かつ、薄鑄片に表面割れの発生はなく、圧延後の薄板製品にも表面疵は発生しなかった。比較例では、20 回の連続鑄造において、冷却ドラム表面の損耗が発生し、その結果として、初期の鑄片品質の良い N o. 9 の条件においても、最終的には薄鑄片表面に割れが発生し、圧延後の薄板製品に表面疵ならびに光沢むらが発生した。

表7

条 件 No		冷却ドラム材質					冷却ドラム表面形状					評 価		
		母材 材質	中間層		最表層		窪み		微小穴					
			材質	厚み [μm]	材質	厚み [μm]	直径 [μm]	深さ [μm]	直径 [μm]	深さ [μm]	ピッチ [μm]	ドラム 耐久性	鑄片品質	
													定常部	スカム部
1		Cu 合 金	Ni	1500	Co	100	1500	100	150	60	250	◎	◎	○
2			Ni	1500	Ni-Co	100	1500	100	100	90	150	◎	◎	○
3			Ni	1500	Cr	10	1500	100	150	60	350	◎	◎	○
4			Ni	1500	Ni-Co-W	20	1500	100	180	50	300	◎	◎	○
5			Ni	1500	Ni-Pe	30	1500	100	150	70	250	◎	◎	○
6			Ni	1500	Ni-Al	50	1500	100	150	60	300	◎	◎	○
7			Co	1500	Ni-W	20	1500	100	100	100	200	◎	◎	○
8			Ni-Co	1500	Ni-W	20	1500	100	150	70	400	◎	◎	○
9	比 較 例	Ni	1500	無し		1500	100	150	80	250	×	◎→×	○→×	
10		Ni	1500	無し		1500	100	無し			×	○→×	×	

6) 請求の範囲 34 ~ 38 に記載の発明と該発明に関連する発明について

(A) 冷却ドラムの表面形状と材質の根拠

まず、細孔（微小穴）の構成要件とその規定理由について詳細に説明する。一般に、背景技術の項で記述したように、酸化物（スカム）が冷却ドラムの回転とともに、流れ込む溶湯に付随して引き込まれ、鑄片の凝固シェルの表面に付着して鑄造された場合には、薄肉鑄片のスカム流入部と健全部との間に凝固不均一が生じて、薄肉鑄片に割れやむらが発生する可能性がある。

そこで、本発明者は詳細にわたる実験研究を遂行した結果、細孔（微小穴）を特定条件で導入すると、スカムが流入した箇所においても凝固不均一が発生しないことが判明した。

本発明者はスカムが溶湯と冷却ドラムとの間に流入した場合に発生する凝固不均一は、スカムの熱伝導率の違いよりも、流入時に巻き込まれて生成する空気層の存在に起因することを見出した。即ち、鑄造の際、溶湯やスカムが表面張力によって流れ込まない程度の細孔が、冷却ドラムの表面に存在すると、上記空気は、この穴部分に集約され空気層が形成されない。

したがって、例えばスカムが流入しても凝固不均一の発生が抑制される。さらに、細孔が存在することによって凝固核の発生を細かい間隔で規定することが可能になり、割れ・むらの発生を確実に抑制することができる。

このような機能を達成するための細孔の要件としては、まず溶湯やスカムが流れ込まないための穴直径の上限値として $200\ \mu\text{m}$ 以下であることが要求される。さらに空気が巻き込まれた際に有効に細孔に集約するための要件として、穴直径の最小値が $50\ \mu\text{m}$ と規定される。

さらに、細孔（微小穴）の相互間隔は、空気を有効に集約するために、穴相互が接しない条件であることが必要で、凝固核発生を確実に規定するために、穴相互の中心間ピッチは $100 \sim 500 \mu\text{m}$ であることが要求される。

また空気の集約機能を有効に発揮させ、かつ、凝固核発生を明確に規定するために、細孔（微小穴）の深さとして $50 \mu\text{m}$ 以上が必要である。

以上に示した細孔が冷却ドラム上に全面にわたって均一に導入されていれば、割れ・むらの発生は有効に抑制できるので、細孔または微小穴を加工する前のドラム表面は平滑な面で良い。一方、何らかの外的な変動要因（例えばレーザ加工時の走査速度変動など）で、このような加工の均一性が損なわれる可能性がある。このような場合には、以上に示した細孔または微小穴を導入するに先立って、特定条件の窪みを設けることが有効であることが判明した。

以下では、この窪みの導入要件について詳細に説明する。ドラム表面には、まず、 1 mm オーダーの長周期の凹凸（窪み）がショットブラスト法などによって全面に亘って導入される。このような窪みをつけた冷却ドラムを用いて溶湯を鑄造すると、まず、窪み凸部に溶湯が接触して凝固核の生成が起こり窪み凹部では鑄片表面との間にガスギャップが生成して凝固核の生成は遅れる。窪み凸部での凝固核の発生によって凝固収縮応力は分散、緩和され、割れの発生は抑制される。

このような目的を達成するためには、窪み凸部が明確に規定される必要があり、このため、窪みは互いに接するかまたは重なりを持つ条件で形成されている必要がある（図6参照）。

これは、窪みが接しない条件で形成されると、元々の表面の平滑な部分が上記窪み凸部と同様な働きを行い、凝固核の発生を明確に

規定できなくなるためである。窪みの直径は、窪み凹部での凝固遅れに伴って発生する凝固収縮応力に起因する割れ発生との関係で規定され、 $3000\text{ }\mu\text{m}$ 以下である必要がある。

また、この下限値は、上記細孔の直径との関係で規定され、細孔径以上である必要から、 $200\text{ }\mu\text{m}$ となる。窪みの深さは、上記ガスギャップを生成させるため、 $80\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが要求される。また、窪みの深さが大きすぎると、凹部のガスギャップの厚みが増大し、凹部の凝固シェルの生成が大きく遅れ、凸部の凝固シェルとの間の厚みの不均一が拡大して割れが発生するので、 $250\text{ }\mu\text{m}$ 以下である必要がある。

以上の説明に示した窪みを細孔と重畳して形成することによって、細孔の空間分布に不均一性が発生した箇所においても、この窪みの効果によって割れ・むらの発生がより確実に抑制できる。

次に、冷却ドラム表面の材質要件に関する根拠を詳細に説明する。薄肉鋳片の鋳造において冷却ドラムが回転するとドラム表面は湯溜まりを通過した後、気体雰囲気中にさらされるため、一定周期の熱サイクルを受けると共に表面に酸化物を形成する。このような酸化物層は冷却時の抜熱抵抗となるため、気体雰囲気中においてブラッシングなどの手法によって確実に除去しなくてはならない。

そのため、表層材質としては熱疲労に強いと共に耐摩耗性に優れた材質が要求される。このような特性を実現するためのパラメータとしては、表面硬度が代表値として選択可能で、この場合、ビッカース硬度が200以上であることが要求される。この要件を満たす材質としては、Ni、Ni-Co、Ni-Co-W、Ni-Fe、Ni-W、Co、Ni-Al、Crのいずれかが選択される。

なお、冷却ドラムとしては抜熱能に優れる必要があるため、ドラム母材としては、熱伝導性に優れた銅もしくは銅合金が用いられる

。そのため、上記表層材質は、母材との結合力や強度の観点から、めっきで被覆する。

また、めっきは、単層もしくは複数種を多層めっきすることも考えられる。さらに、めっきのタイミングは、レーザ細孔加工の前に行う場合と、レーザ細孔加工後に薄膜めっきを施す場合が考えられ、レーザ加工性と表面の耐摩耗性との兼ね合いから適宜選択する。

(B) レーザ細孔加工方法を実現するレーザパルス要件の根拠

以下に上記(A)項で詳述した細孔(微小穴)を形成するためのレーザパルスの要件の根拠について詳細に説明する。

図26は回転チョッパQスイッチ手法によって取り出されたCO₂レーザパルスの典型的な時間波形を示したものである。CO₂レーザにおいては、発振効率を改善するため分子振動準位の内、上準位のエネルギーレベルがCO₂のそれに比較的近いN₂をレーザ媒質に加えている。

このN₂の存在が、放電励起の際のエネルギー蓄積媒質として動作するため、回転チョッパなどによってQスイッチ動作を行わせると、固体レーザにおけるジャイアントパルスに相当する「初期スパイク部分」に加えて、N₂分子からCO₂分子への衝突によるエネルギー移譲に起因し、連続波的に発振する「パルステール部」が付随した形態となる。

本発明者は、このようなQスイッチCO₂レーザパルスを穴加工に適用すると、このパルステール部が加工に有効に寄与し得ることを、例えば、特開平8-309571号公報に提示した。しかし、この段階では、穴深さ10~50μmの穴加工を念頭に置いていたことから、本発明の目的のごとく、50μm以上の深さの穴を加工することは実現できないことが判明した。具体的には、パルス全幅を20μsecとしてパルスエネルギーを大きくしても、穴の深さは

飽和してしまい、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の深さの穴を形成できないことがわかった。

そこで、本発明者は、Niめっきサンプルに対してパルス全幅とパルスエネルギーの組合せを系統的に変更した詳細な実験研究を行った結果、図27に示すような結果が得られることを見出した。

図27(a)はパルス時間全幅を横軸、加工穴の深さを縦軸にとり、パルスエネルギーをパラメータとしてまとめた結果であり、同図(b)は表面加工穴径を同様な形式で整理した結果である。

図を参照すると、表面穴径のパルス幅依存性は少ないが、穴深さのパルス幅依存性は特徴的な傾向を持つことがわかった。具体的には、パルスエネルギーが $10\sim 30\text{ mJ}$ 程度の低パルスエネルギー条件の下においては、パルス全幅の増加と共に、穴の深さは単調的に増加するが、パルス全幅が $20\sim 30\text{ }\mu\text{sec}$ の条件でピークをなし、穴の深さは減少に転ずる（公知範囲）ので、穴深さも $40\text{ }\mu\text{m}$ 強を上限として制約される。

しかしながら、パルスエネルギーを 50 mJ 以上の条件としてパルス全幅を変更して行くと、上述のピークをとるパルス全幅条件が長パルス側にシフトすることを見出した。

この現象を解釈するため、レーザ生成プラズマの分光評価を行った結果、パルス全幅が $30\text{ }\mu\text{sec}$ 以下の短い条件でパルスエネルギーを増加させると、初期スパイクのタイミングでのプラズマ中の電子密度が大幅に高くなり、この影響でパルステール部のタイミングで逆制動輻射過程が誘起され、パルステール部のパワーが被加工物に有効に供給できていないことが判明した。

一方、パルス幅が $30\text{ }\mu\text{sec}$ 以上の長パルス条件でパルスエネルギーを増加させても、パルステール部に含まれるパルスエネルギーが相対的に増大し、その結果、初期スパイク部のピーク出力増加の度

合いは、上述の条件より緩和される。その結果、レーザ生成プラズマ中の自由電子密度の大幅な増加が抑制されるので、逆制動輻射の影響も緩和され、パルスエネルギーの増加に伴って、単調に、穴の深さが増大する。

以上に示した実験結果ならびに分光評価に基づく解釈の結果、本発明の目的の $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の穴加工を達成するためには、 $30\text{ }\mu\text{s}$ 以上のパルス全幅が必要であることが明らかとなった。

次に、パルス全幅の上限について説明する。背景技術の項に試算で示したように、本発明を達成するためには、冷却ドラム1本当たりで、億前後の数の穴加工を達成しなくてはならない。このような加工を現実的な時間内で終了するためには、Qスイッチ CO_2 レーザのパルス発振繰り返し周波数を、極力早く設定する必要がある。

具体例として、1本の冷却ドラムの加工時間を4時間を上限とし、前記(A)に記載した細孔(微小穴)加工条件の典型値を用いると、要求されるパルス繰り返し周波数は 6 kHz 以上が必要となる。

一方、所望の穴加工ピッチとパルス繰り返し周波数が決定されると、穴間の移動速度が決定されるが、パルス全幅があまりに長くなると、パルス発振の時間幅内で被加工物が移動してしまい、同一点に集中した加工ができなくなる。この結果、表面穴径が大きくなり、穴の深さが浅くなるという問題点が発生する。

この現象を把握するため、穴加工性能の移動速度依存性を評価した結果、移動速度が 2 m/s までの条件で、パルス時間幅内の移動量が表面穴径の 50% 以下であれば、顕著な加工性劣化が発生しないことが判明した。

ここで、表面穴径は(A)項において説明したように、最大 $200\text{ }\mu\text{m}$ であることから $200(\text{ }\mu\text{m}) \times 0.5 / 2(\text{ m/s})$

) = 50 μ s e c を得る。したがって、この値がパルス全幅の上限値を与えることとなる。

なお、このパルス全幅の変更は回転チョッパを用いる Q スイッチ方式においてはスリットの開放時間幅を変更することによって達成される。また、細孔（微小穴）加工条件を変更する際に、パルス幅を適宜変更する場合には、異なるスリット幅を有する回転チョッパブレードを複数用意してもよいが、図 25 に示すように半径方向でスリット S の開放幅が変化するチョッパブレードを用意しておけば 1 枚のブレードで各種のパルス全幅を実現することも可能である。

次に、必要とされるパルスエネルギーの根拠を説明する。図 28 は図 27 (a) のデータの中でパルス全幅 30 μ s e c の条件のデータを抽出し、パルスエネルギーと穴深さの関係で示したグラフである。図から明らかなように、本発明の目的である穴深さ 50 μ m 以上を達成するためには、パルスエネルギーとして 40 m J 以上の値が必要となる。

また、連続波励起 Q スイッチ C O₂ レーザにおいて、回転チョッパ Q スイッチ方式では共振器内部に共焦点テレスコープを構成することから、取り出し得るパルスエネルギーは共焦点位置でのエネルギー密度が雰囲気気体のブレイクダウン閾値以下である必要がある。一般的にこの条件で得られる最大パルスエネルギーは 150 m J であることからこの値がエネルギーの上限値を与える。

ここで、出力パルスエネルギーは放電励起におけるグロー放電電力量を変化させることで制御可能である。放電励起方式としては一般には直流放電が用いられるが、交流や R F 放電を連続的に印加する方式やその放電にパルス変調をかける方式のいずれであってもよい。

次に、加工に用いるレーザビーム集光径の要件に関して説明する

。表面穴加工径は一般にレーザビーム集光径と供給するパルスエネルギーに依存して変化する。例えば、図27(b)のごとく、一定の集光径の条件下においてパルスエネルギーを変化させると、表面穴径はエネルギーの増加に伴って単調に増加する。これは、 $30\mu\text{s}$ 以上という比較的長いパルス時間においてエネルギーを増加させると伝熱拡散によって集光レーザビーム径によって規定された照射領域よりも広い部分が加熱され溶融・蒸発に至るためである。

そこで、各種の焦点距離のレンズを用意しレーザビーム集光径を変化させつつパルスエネルギーを変更する実験を行った結果、表面穴径： $50\sim 200\mu\text{m}$ 、穴深さ： $50\mu\text{m}$ 以上という条件を満たすための集光径の条件として、 $50\sim 150\mu\text{m}$ の範囲とすればよいことがわかった。集光径の上限が $150\mu\text{m}$ と表面穴径の上限の $200\mu\text{m}$ より小さい値となっているのは、上述のごとく実際に照射されている部分よりも広い穴径が得られる現象が発生するためである。なお下限値は表面穴径の下限値で決定される。

(実施例6)

図24は、本発明を適用したレーザ加工装置の構成図である。レーザ発振器23は炭酸ガスを発振媒質とした連続放電励起レーザ管の後面に共焦点テレスコープ（テレスコープレンズ26と全反射ミラー27によって構成されている）と、その共焦点位置に設置された回転チョッパ28（図25、参照）からなるQスイッチ装置が組み込まれたQスイッチ CO_2 レーザ装置である。

回転チョッパ28の回転数は $8,000\text{rpm}$ で、チョッパプレート上には45個のスリット（図25中、S、参照）が導入され、パルス全幅は $32\mu\text{s}$ 、パルス繰り返し周波数としては 6kHz のパルス列が得られる。レーザ発振器23から出力されたレーザビームLはコリメーションミラー（凹面鏡）29によってビーム発



散角が補正され、加工ヘッド 31 に至り、焦点距離 63.5 mm の ZnSe 製集光レンズ 32 によって直径 100 μ m に集光され、冷却ドラム 1 に照射される。

直径 1,200 mm で若干の凹クラウンが施されている冷却ドラム 1 がドラム回転装置 33 によって 0.4 rps の一定速度で回転されることにより、該冷却ドラムの周面に、250 μ m ピッチで穴加工がなされる。レーザ加工ヘッド 31 は、X 軸方向駆動装置 34 によって、ドラムの回転軸長方向に平行に速度 100 μ m/sec で移動し、該軸長方向にも、250 μ m ピッチで穴加工がなされる。なお、ドラムには若干の凹クラウンが施されているため、渦電流方式の高さ倣いセンサー 36 によって加工ヘッドとドラム表面との距離をオンラインで測定し、その測定結果に基づき、Z 軸方向駆動装置 35 によって加工ヘッド 31 を駆動して、集光レンズ 32 と冷却ドラム 1 の表面との距離を一定に保つように制御する。

以上の構成を用いて、表面に Ni-Co-W をめっきし、予めショットブラストにより窪みを設けた冷却ドラム 1 に対して、レーザパルスエネルギーを 90 mJ として加工を行った。その結果、表面穴径 180 μ m、深さ 55 μ m、細孔ピッチ 250 μ m の加工が達成された。該加工が施された冷却ドラムの表面の概観を図 29 に示す。

本方法によって加工された冷却ドラムを用いて、オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304) を、図 1 に示す双ドラム式連続铸造装置により板厚 3 mm の帯状の薄鋳片に铸造し、铸造に引続いて熱間圧延し、その後に冷間圧延して板厚 0.5 mm の薄板製品を製造した。鋳片品質に関しては冷間圧延後の薄板製品の目視検査によって行った。その結果、薄鋳片に表面割れの発生はなく、圧延後の薄板製品にも表面疵やむらは発生しなかった。

比較例として本発明によるレーザディンプル加工を施さないドラムを用いて同様な鑄造を行った結果、スカムを巻き込んだ部分に対応して微細割れが発生すると共に薄板製品表面に明瞭なむらが観察された。

7) 請求の範囲 39 および 40 に記載の発明と該発明に関連する発明について

以下、冷却ドラムの周面に対する加工に適用できる金属材料のレーザ穴加工方法について詳細に説明する。図 30 は、パルスレーザによる金属材料の穴加工現象を側方から示す図である。被加工材である金属材料 37 (例えば、冷却ドラム) の表面には、油脂類からなる塗布材 38 が予め塗布されている。レーザビーム 39 は金属材料 37 の表面に焦点を結ぶよう、図示されない集光レンズによって集光されて照射される。

この際、レーザビーム 39 は、空気と塗布材 38 の界面で屈折した後、所定の吸収を受けて金属材料 37 の表面に至る。金属材料 37 の表面ではレーザビーム 39 の高い瞬時パワー密度に起因して昇華現象が発生し、穴加工がなされる。

この際、ミクロに見ると、穴底部には、熔融相の表面 41 と固相と熔融相の界面 40 が形成され、両界面 (41、40) 間に存在する熔融相の内の一部は、金属材料 37 の蒸発反力、ならびに、アシストガスの背圧によって表面張力に打ち勝つ力が加えられ、それがスパッタ 42 となって穴外へ放出される。このスパッタ 42 の内、穴近傍に留まる程度の運動量しかもたない成分は、熔融相のまま被加工材の表面に到達し、塗布材が無い場合には金属材料 37 の表面に溶着してドロスとなる。

一方、表面に塗布材 38 が予め塗布されていると、塗布材 38 による冷却効果によって、金属材料 37 の表面に至るまでに固化する

、もしくは塗布材 38 が持っている金属との濡れ性の悪さに起因して、スパッタ 42 が再度反射されて遠くへ飛散するという現象が発生する。以上が、一般的な塗布材の事前塗布によるドロス付着抑制の原理である。

次に、本発明者は、上記の原理がどのような油脂類に対しても成立するかどうかの実験研究を実施した。その結果、油脂類の種類や塗布厚みに依存して、ドロス付着抑制効果が著しく異なることを見出した。これらの実験結果を系統的に調査した結果、塗布媒質の厚み方向でのレーザ波長における透過率によって、現象の相違を整理できることが判明した。

すなわち、物質の吸収が大きい場合、例え、塗布厚みが薄くてもドロス抑制が困難になること、また、吸収が小さい媒質を用いても塗布厚みが厚くなると、同様にドロス抑制が困難になることが分かった。

この現象を解明するため、パルスレーザの照射時に生成するプラズマの時間分解分光評価を行った。その結果、塗布媒質の吸収が大きい条件においては、時間的にパルス初期の段階でプラズマ中の電子密度ならびに電子温度（プラズマ温度）が、吸収が小さい条件と比較すると、著しく高くなることが分かった。さらに、このプラズマは、逆制動輻射過程を経て後続のパルスエネルギーを吸収し、加速的に電子温度が高くなった。

プラズマによるパルスエネルギーの吸収は、被加工物である金属材料の表面に到達するエネルギーを減少させると共に、プラズマ自身が二次熱源となる。このプラズマは時間的に急速に膨張するため、この二次熱源の大きさは、レーザ集光径よりも桁違いに大きくなる。

この結果、図 30 で説明した過程を経て発生したスパッタの中で、運動量の少ない成分は、このプラズマによって再加熱され、加工

穴近傍へのドロスとしての付着成分を増加させることにつながる。

以上の解析に基づき、各種媒質の吸収係数 α を評価した上で、厚みを逐次変更して、ドロス付着抑制に関する実験評価を実施した。ここで吸収係数 α は、媒質の厚みを t 、光透過率を T とした時に（1）式で定義される係数である。

$$T = \exp [-\alpha \cdot t] \quad \cdots (1)$$

その結果を表8に示す。

表 8

種類	α [mm^{-1}]	t [mm]	T	ドロス付着状況
A	2	0.10	0.82	○ (ドロス無し)
"	"	0.30	0.55	○ (ドロス無し)
"	"	0.50	0.37	× (ドロス多い)
B	4	0.10	0.67	○ (ドロス無し)
"	"	0.18	0.49	△ (ドロス部分付着)
"	"	0.30	0.30	× (ドロス多い)
C	10	0.05	0.60	○ (ドロス無し)
"	"	0.10	0.37	× (ドロス多い)
D	20	0.02	0.67	× (ドロス多い)
"	"	0.05	0.37	× (ドロス多い)

以上の結果から、塗布する油脂類への要求要件としては

塗布膜での光透過率 $T \geq 0.5 \dots (2)$

吸収係数 $\alpha \leq 10 \text{ m m}^{-1} \dots (3)$

の両者を同時に満足することが必要であることが判明した。

光透過率 T が 0.5 より小さくなる、すなわち、塗布材での吸収が大きくなり過ぎると、上記現象が発生して、ドロス抑制効果が劣化する。また、吸収係数 α が (3) 式を満たさなくなると、例えば、光透過率 T が 0.5 以上であっても、同様に、ドロス抑制効果が劣化する。

これは、単位厚み当たりの吸収率が大きくなり過ぎると、塗布層表面での吸収が相対的に大きくなるため、レーザ生成プラズマの成長が著しくなり、上記現象が発生するためである。以上が、本発明におけるドロス抑制効果を有効かつ再現性良く実現するための要求要件の骨子である。

なお、以上の説明において、塗布すべき油脂類は特に特定しなかったが、石油系潤滑材が最も好適な効果を発揮する。しかし、 (2) 式、 (3) 式を満たす条件であれば、どのような油脂であっても選択が可能である。

(実施例 7)

図 3 1 は、本発明の実施例として用いた第 3 石油系潤滑材の赤外分光透過特性を測定した結果であり (a) は潤滑材厚み $1.5 \mu\text{m}$ の場合の結果、(b) は潤滑材厚み $50 \mu\text{m}$ の場合の結果を示している。なお、測定は K B r 単結晶をウインドウ材として用いた関係上、ウインドウでの透過損失 7.5% が含まれた結果である。

本実施例では、後述のごとくパルス CO_2 レーザを用いた穴加工の例を示すので、 CO_2 レーザの発振波長 $10.59 \mu\text{m}$ ($10\text{P}20$ 発振ライン) に相当する波数の部分を \uparrow で示した。

図 3 2 は、上記の潤滑材について、各種の厚みに対して、図 3 1 のように透過特性を評価し、ウインドウ材での透過率を補正した潤滑材そのものの光透過率を導出し、それを潤滑材厚みの関数として示したものである。

図中黒丸が実測値であり、実線は (1) 式に従ってフィッティングした結果であり、(1) 式の妥当性を示している。したがって、この潤滑材の吸収係数 α は 4.05 mm^{-1} である。

以上に示した特性を持つ潤滑材を用いて、金属材料の穴加工を実施した。被加工材である金属材料として Ni を用い、その上に潤滑材を $50 \mu\text{m}$ 塗布した。この際の潤滑材部分の光透過率は 0.82 である。

この材料に対して Q スイッチ CO_2 パルスレーザによる穴加工を行った。パルスエネルギーは 90 mJ 、パルスレーザビームの集光径は $95 \mu\text{m}$ 、アシストガスとして空気をレーザビームと同軸に 200 l/min の流量で供給した。

以上の条件で表面穴径として $170 \mu\text{m}$ 、深さ $80 \mu\text{m}$ の微細穴が形成された。この条件で加工を行った表面概観の模式図を図 3 3 (b) に示す。対比のため、潤滑材を事前に塗布しなかった場合の表面概観の模式図を同図 (a) に、またこの潤滑材を $200 \mu\text{m}$ 事前塗布した場合 (光透過率 $T = 0.44$) の表面概観の模式図を同図 (c) に示す。

図から明らかにわかるように、潤滑材を塗布しない (a) に比べて、本発明の条件で塗布を行った (b) では、有意にドロス付着が抑制され、さらに、同一の潤滑材であっても、厚く塗布して光透過率が 0.5 より小さくなる (c) の条件では、塗布しない (a) と同様にドロス付着抑制ができなくなることが判明した。

なお、以上の実施例においては、被加工物としての金属材料で N

i の場合を例示したが、鉄系金属材料など他の金属に対しても、本発明の条件で、有意にドロス付着が抑制されることが確認されており、材料が金属であればどのような種類に対しても本発明は適用可能である。

また、上記の実施例においては、レーザ光源としてパルスQスイッチCO₂レーザを用いた穴加工での例を示したが、レーザ波長に対する塗布材の吸収特性を本願発明の範囲に規定することで他のレーザ源を用いることも可能で、例えばYAGレーザ（波長1.06 μm）、半導体レーザ（波長約0.8 μm）、エキシマレーザ（波長：紫外領域）などに対しても適用が可能である。

さらに、上記例においては、穴径170 μm、穴深さ80 μmの微細穴形成の例を示したが、本発明は、さらに、大きな穴径や深さの大きな穴加工、もしくは、更に小さな微小穴加工への適用も可能である。

〔産業上の利用可能性〕

本発明によれば、表面割れ、亀裂等の表面欠陥や、酸洗むらに加え、酸洗むら付随割れのない薄肉鋳片を能率よく製造することができる。

したがって、本発明は、表面性状に優れ、かつ、光沢むらのない高品質のステンレス鋼薄鋼板を、歩留り良く安価に提供することができ、ステンレス鋼を、製品素材や、建材として使用する消費財製造業や、建築業等の発展に大きく寄与するものである。

請 求 の 範 囲

1. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、所定形状の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部および／または窪みの表面に、所定形状の微小突起、細孔または微細凹凸が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

2. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

3. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの表面に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

4. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの表面に、平均深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $10 \sim 200 \mu\text{m}$ の微細凹凸が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

5. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪

みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $30 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が隣接して形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

6. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $30 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が隣接して形成され、かつ、窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片鋳造用冷却ドラム。

7. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $30 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が隣接して形成され、かつ、窪みの表面に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

8. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $30 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が隣接して形成され、かつ、窪みの表面に、平均深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $10 \sim 200 \mu\text{m}$ の微細凹凸が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

9. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪

みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、深さが $5\ \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5\sim 200\ \mu\text{m}$ の細孔が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラム。

10. 薄肉鋳片を連続铸造するドラムであって、その周面に、平均深さが $40\sim 200\ \mu\text{m}$ で、円相当の径が $0.5\sim 3\text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、深さが $5\ \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5\sim 200\ \mu\text{m}$ の細孔が形成され、かつ、窪みの表面に、高さが $1\sim 50\ \mu\text{m}$ で、円相当の径が $5\sim 200\ \mu\text{m}$ の微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラム。

11. 薄肉鋳片を連続铸造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40\sim 200\ \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部および表面に、深さが $5\ \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5\sim 200\ \mu\text{m}$ の細孔が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラム。

12. 薄肉鋳片を連続铸造する冷却ドラムであって、その周面に、平均深さが $40\sim 200\ \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部に、深さが $5\ \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5\sim 200\ \mu\text{m}$ の細孔が形成され、かつ、窪みの表面に、平均深さが $1\sim 50\ \mu\text{m}$ 、円相当の径が $10\sim 200\ \mu\text{m}$ の微細凹凸が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラム。

13. 薄肉鋳片を連続铸造する冷却ドラムであって、その周面に、所定形状の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、窪みの頂部および／または窪みの表面に、微細凹

凸および微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

14. 前記所定形状の窪みが、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径の平均が $1.0 \sim 4.0 \text{ mm}$ の窪みであることを特徴とする請求の範囲13に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

15. 前記微細凹凸の平均深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ および微小突起の高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ であり、かつ、前記微小突起の高さが前記微細凹凸の平均深さよりも小さいことを特徴とする請求の範囲13または14に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

16. 前記微細凹凸がアルミナグリッドを吹付けて形成した微細凹凸であり、かつ、前記微小突起がアルミナグリッドの破片が喰い込んで形成された微小突起であることを特徴とする請求の範囲13、14または15に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

17. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均直径が $1.0 \sim 4.0 \text{ mm}$ 、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されるとともに、窪みの頂部および／または窪みの表面に、平均直径が $10 \sim 50 \mu\text{m}$ 、平均深さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ の微細凹凸と、アルミナグリッドの破片が喰い込んだ高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ の微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

18. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、所定形状の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されるとともに、平均深さが $20 \mu\text{m}$ 以下の窪みが 1 mm 以上続く領域が3%以下であることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

19. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、その周面に、平均直径が $1.0 \sim 4.0 \text{ mm}$ 、平均深さが $40 \sim 170 \mu\text{m}$ の

窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、平均深さが $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の窪みが 1 mm 以上続く領域が 3% 以下であることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

20. 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{ mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該周面に、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

21. 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{ mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該窪みの表面に、高さが $1\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $5\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ の微小突起が形成されていて、さらに、該表面には、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

22. 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{ mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該窪みの頂部に、高さが $1\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $30\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ で、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されている微小突起が、相互に隣接して形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラム。

23. 薄肉鋳片を連続鑄造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5\sim 3\text{ mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該窪みの頂部に、高さが $1\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 、円相

当の径が $30 \sim 200 \mu\text{m}$ の微小突起が相互に隣接して形成され、かつ、該窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ で、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されている微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

24. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムであって、メッキが施されたドラム周面に、平均深さが $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $0.5 \sim 3 \text{mm}$ の窪みが、窪みの頂部を介して相互に隣接して形成されているとともに、該窪みの頂部に、深さが $5 \mu\text{m}$ 以上、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ の細孔が形成され、かつ、該窪みの表面に、高さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、円相当の径が $5 \sim 200 \mu\text{m}$ で、スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が形成されている微小突起が形成されていることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

25. 前記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質が、連続鋳造される溶鋼を構成する元素の酸化物であることを特徴とする請求の範囲20、21、22、23または24に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

26. 前記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質が、冷却ドラム周面上のメッキを構成する元素の酸化物であることを特徴とする請求の範囲20、21、22、23または24に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

27. 前記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が、冷却ドラム周面上のメッキが酸化して形成された皮膜であることを特徴とする請求の範囲20または21に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラム。

28. 前記スカムとの濡れ性がNiよりも良い物質を含む皮膜が

、冷却ドラム周面上のメッキに、溶鋼中の成分元素が酸化して生成した酸化物が付着して形成された皮膜であることを特徴とする請求の範囲 20 または 21 に記載の薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラム。

29. 前記メッキが、Ni よりも酸化され易い元素を含むメッキであることを特徴とする請求の範囲 20、21、22、23、24、27 または 28 に記載の薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラム。

30. 前記メッキが、W、Co、Fe、Cr の 1 種または 2 種以上を含むメッキであることを特徴とする請求の範囲 20、21、22、23、24、27 または 29 に記載の薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラム。

31. 薄肉鋳片を連続铸造する冷却ドラムであって、ドラム母材の熱伝導率が $100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上であり、該ドラム母材の表面に、熱膨張率が該ドラム母材の $0.50 \sim 1.20$ 倍でビッカース硬さ H_v が 150 以上の厚みが $100 \sim 2000 \mu\text{m}$ の中間層が被覆され、さらに、最表面に、厚み $1 \sim 500 \mu\text{m}$ でビッカース硬さ H_v が 200 以上の硬質めっきが施されているとともに、その表面に、直径が $200 \sim 2000 \mu\text{m}$ 、深さが $80 \sim 200 \mu\text{m}$ の窪みが、互いに接するかまたは重なりを持つ条件で形成されていて、さらに、直径が $50 \sim 200 \mu\text{m}$ 、深さが $30 \mu\text{m}$ 以上の細孔が、細孔相互が接しないで、かつ、ピッチが $100 \sim 500 \mu\text{m}$ となる条件で形成されていることを特徴とする薄鋳片連続铸造機用ドラム。

32. 前記ドラム母材が銅もしくは銅合金であり、前記中間層が Ni、Ni-Co、Ni-Co-W または Ni-Fe のめっき層であり、前記最表面の硬質めっきが Ni-Co-W、Ni-W、Ni-Co、Co、Ni-Fe、Ni-Al、Cr のいずれかであることを特徴とする請求の範囲 31 に記載の薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラム。

33. 前記窪みがショットブラストによって形成された窪みであり、かつ、前記細孔がパルスレーザ加工によって形成された細孔であることを特徴とする請求の範囲31または32に記載の薄鋳片連続鋳造機用ドラム。

34. 薄肉鋳片を連続鋳造する冷却ドラムの周面を加工する方法において、冷却ドラムの表層にQスイッチCO₂レーザパルスを照射し、直径が50～200μm、深さが50μm以上の細孔を、細孔相互が接しないで、かつ、ピッチが100～500μmとなる条件下で形成する際に、QスイッチCO₂レーザパルスのパルスエネルギーを40～150mJ、時間全幅を30～50μsecとして、レーザビーム集光直径を50～150μmとすることを特徴とする薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの加工方法。

35. 前記ドラムの表層に、直径が200～3000μm、深さが80～250μmの窪みを、前記レーザパルスを照射する前に互いに接するかまたは重なりを持つ条件で形成することを特徴とする請求の範囲34に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの加工方法。

36. 前記レーザパルスを照射する前の冷却ドラムの表層が、平滑な曲面で形成されていることを特徴とする請求の範囲34に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの加工方法。

37. 前記冷却ドラムの表面に、Ni、Ni-Co、Ni-Co-W、Ni-Fe、Ni-W、Co、Ni-Al、Crのいずれかまたはこれらの組合せからなるめっきを、前記レーザパルスの照射前もしくは照射後に施すことを特徴とする請求の範囲35または36に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムの加工方法。

38. 薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムを予め定められた一定速度で回転するドラム回転装置と、パルスエネルギーが50～150mJ

、時間全幅が $30 \sim 50 \mu\text{sec}$ のパルスを 6kHz 以上のパルス繰り返し周波数で出力する Q スイッチ CO_2 レーザ発振器と、該発振器から出力されたレーザービームを上記冷却ドラムの回転軸方向へ走査するレーザー光走査装置と、レーザービームを直径 $50 \sim 150 \mu\text{m}$ のレーザービームに集光する集光装置と、上記冷却ドラムのクラウンをオンラインで計測しその信号に基づき該集光装置と冷却ドラムの表面との間隙を一定に制御する倣い制御装置を備え、上記冷却ドラムの全面に亘って一定の直径ならびに深さの細孔を一定の間隔で加工することを特徴とする薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラムの加工装置。

39. レーザビームによる金属材料の穴加工に先立って該金属材料の被加工面に油脂類を塗布材として塗布しパルスレーザーを照射して穴を形成する方法において、照射レーザー波長に対する吸収係数が 10mm^{-1} 以下の塗布材を用い、塗布層でのレーザー波長の透過率が 50% 以上となるように塗布材の厚みを設定することを特徴とする金属材料のレーザー穴加工方法。

40. 前記金属材料が、薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラムの周面を覆うめっき層であることを特徴とする請求の範囲 39 に記載の金属材料のレーザー穴加工方法。

41. 一方向に回転する、請求の範囲 1 ～ 12 および 20 ～ 30 のいずれか 1 項に記載の薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラムの周面上に溶鋼を注入し、該溶鋼を該冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鋳片を連続铸造することを特徴とする薄肉鋳片の連続铸造方法。

42. 平行に配置され互いに逆方向に回転する一対の、請求の範囲 1 ～ 12 および 20 ～ 30 のいずれか 1 項に記載の薄肉鋳片連続铸造用冷却ドラムの周面に湯溜り部を形成し、該湯溜り部に注入した溶鋼を、該冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鋳片を連続

鑄造することを特徴とする薄肉鑄片の連続鑄造方法。

43. 平行に配置され互いに逆方向に回転する一対の、請求の範囲13～17のいずれか1項に記載の冷却ドラムの周面に湯溜り部を形成し、該湯溜り部を、溶鋼に可溶な非酸化性ガス、または、溶鋼に可溶な非酸化性ガスと溶鋼に非可溶な非酸化性ガスの混合ガス雰囲気で覆い、上記湯溜り部に注入した溶鋼を、上記冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鑄片を連続鑄造することを特徴とする薄肉鑄片の連続鑄造方法。

44. 平行に配置され互いに逆方向に回転する一対の、請求の範囲18または19に記載の薄肉鑄片連続鑄造用冷却ドラムの周面に湯溜り部を形成し、該湯溜り部を、溶鋼に可溶な非酸化性ガス雰囲気、または、溶鋼に可溶な非酸化性ガスと溶鋼に非可溶な非酸化性ガスの混合ガス雰囲気で覆い、上記湯溜り部に注入した溶鋼を、上記冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鑄片を連続鑄造することを特徴とする薄肉鑄片の連続鑄造方法。

45. 平行に配置され互いに逆方向に回転する一対の、請求の範囲31、32または33に記載の薄肉鑄片連続鑄造用冷却ドラムの周面に湯溜り部を形成し、該湯溜り部に注入した溶鋼を、該冷却ドラムの周面で冷却、凝固させ、薄肉鑄片を連続鑄造することを特徴とする薄肉鑄片の連続鑄造方法。

46. 溶鋼と接触していない時に、前記冷却ドラムが細孔を加工処理することを特徴とする請求の範囲45に記載の薄肉鑄片の連続鑄造方法。

47. 請求の範囲1～33のいずれか1項に記載の薄肉鑄片連続鑄造用冷却ドラムを用いて溶鋼を連続鑄造した薄肉鑄片であって、溶鋼が、該冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点にして凝固を開始し、次いで、上記

窪みの表面上の微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点にして凝固したことを特徴とする薄肉鋳片。

48. 前記窪みの頂部に当接する溶鋼部位で生成した凝固核発生起点は、円相当の径で0.5～3mmの環状に生成したものであることを特徴とする請求の範囲47に記載の薄肉鋳片。

49. 前記微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で生成した凝固核発生起点は、250μm以下の間隔で生成したものであることを特徴とする請求の範囲47または48に記載の薄肉鋳片。

50. 請求の範囲1～33のいずれか1項に記載の薄肉鋳片連続鋳造用冷却ドラムを用いて溶鋼を連続鋳造した薄肉鋳片であって、該薄肉鋳片の表面には、溶鋼が該冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に当接して凝固したことにより形成された網状の連続凹みが存在するとともに、該網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域の内には、微小な凹みおよび／または微小な突起が存在することを特徴とする薄肉鋳片。

51. 前記網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域は、円相当の径で0.5～3mmの領域であることを特徴とする請求の範囲50に記載の薄肉鋳片。

52. 前記網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域の内には、微小な凹みおよび／または微小な突起が、250μm以下の間隔で存在することを特徴とする請求の範囲50または51に記載の薄肉鋳片。

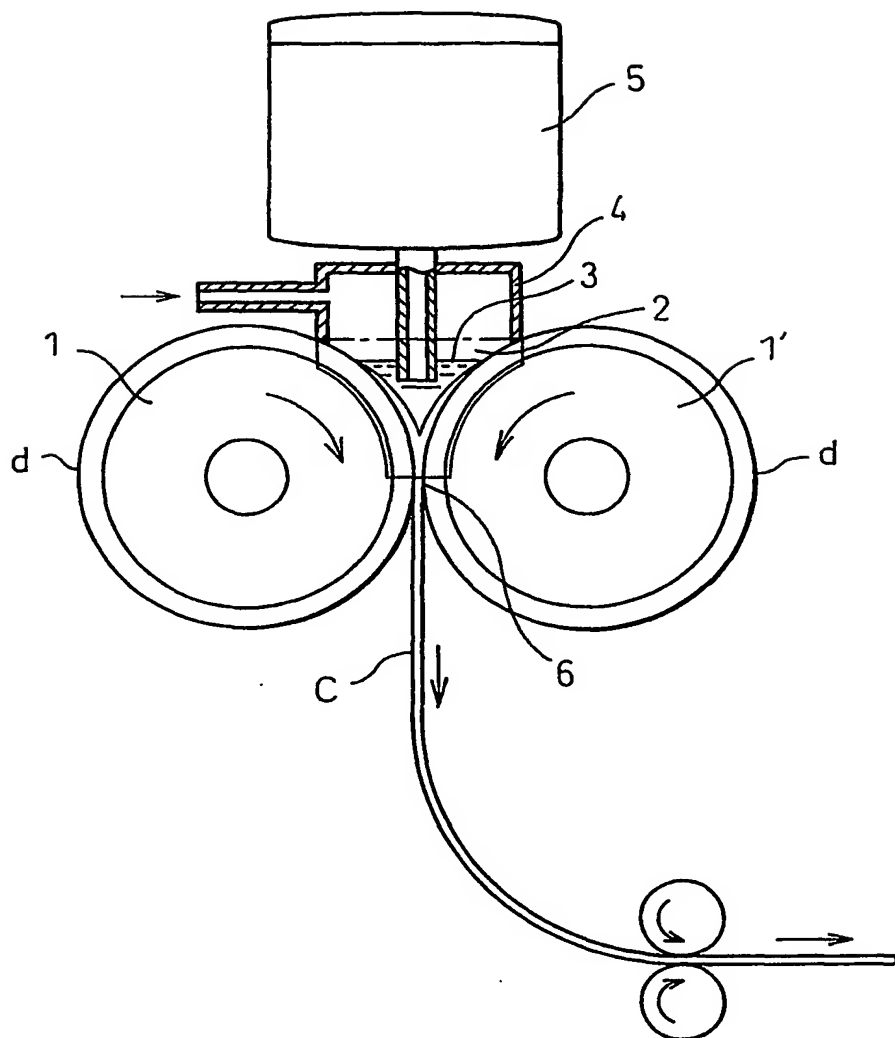
53. 前記網状の連続凹みの底部に、微小な凹みおよび／または微小な突起が存在することを特徴とする請求の範囲50、51または52に記載の薄肉鋳片。

54. 請求の範囲1～33のいずれか1項に記載の薄肉鋳片連続
鑄造用冷却ドラムを用いて溶鋼を連続鑄造した薄肉鋳片であって、
溶鋼が、該冷却ドラムの周面上の窪みの頂部に当接した溶鋼部位に
形成された網状の連続凹みに沿って生成した凝固核発生起点を起点
にして、該網状の連続凹みの形状を保持したまま凝固を開始し、次
いで、上記窪みの表面上の微小突起、細孔または微細凹凸に当接し
た溶鋼部位で生成した凝固核発生起点を起点として凝固したことを
特徴とする薄肉鋳片。

55. 前記網状の連続凹みで区画されたそれぞれの領域は、円相
当の径で0.5～3mmの領域であることを特徴とする請求の範囲
54に記載の薄肉鋳片。

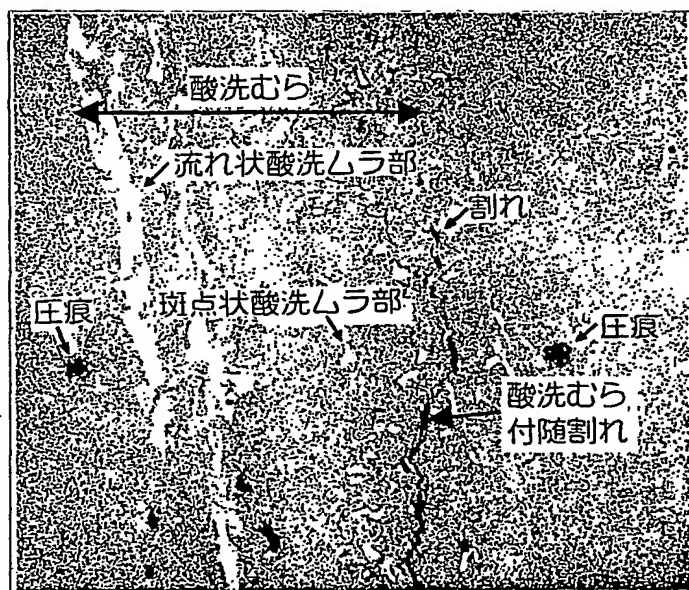
56. 前記微小突起、細孔または微細凹凸に当接した溶鋼部位で
生成した凝固核発生起点は、250 μ m以下の間隔で生成したもの
であることを特徴とする請求の範囲54または55に記載の薄肉鋳
片。

Fig.1



THIS PAGE BLANK (USPTO,

Fig.2



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.3

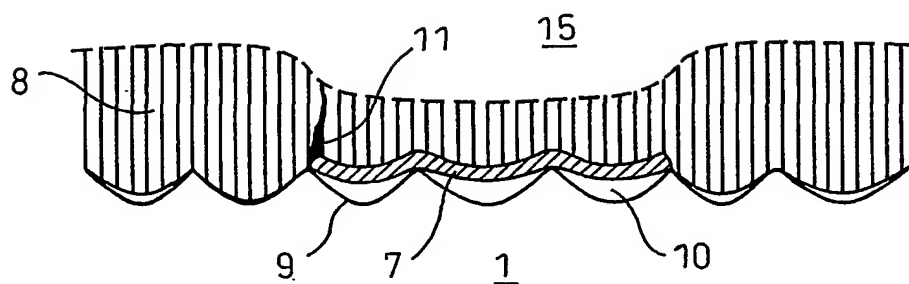
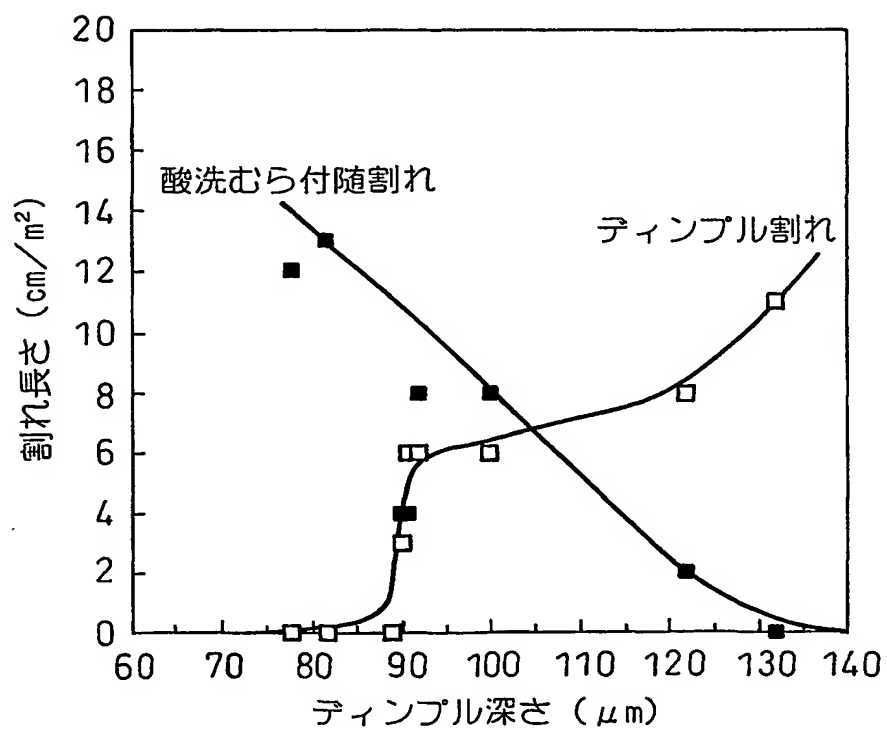


Fig.4



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.5

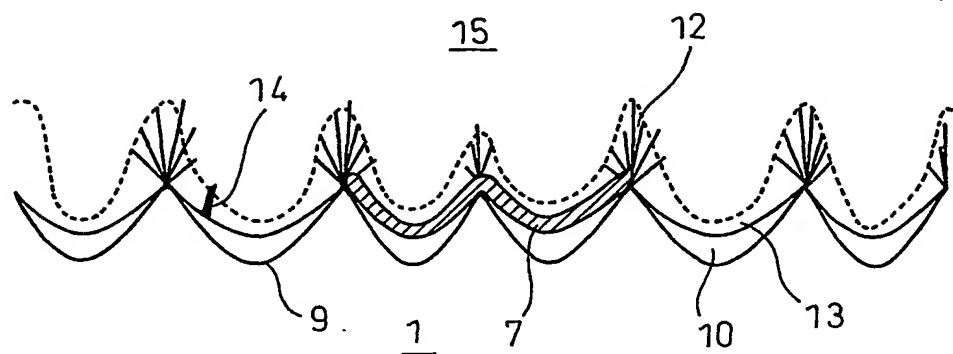
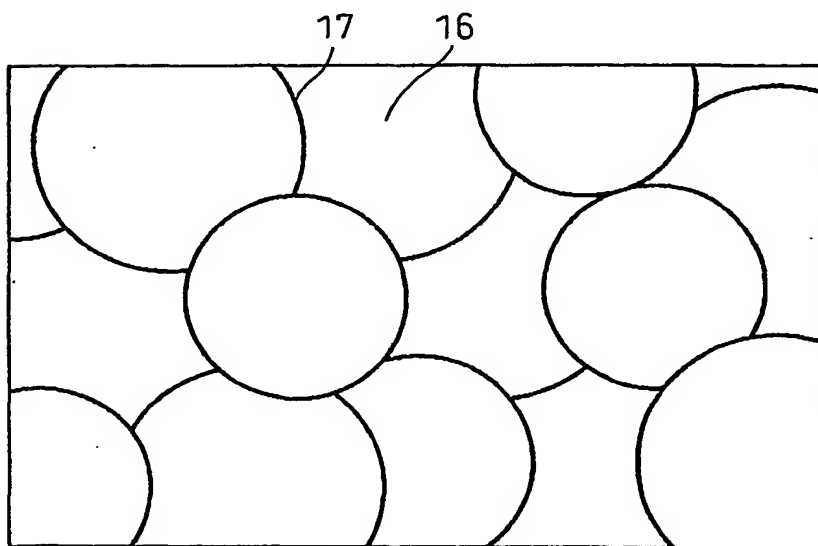
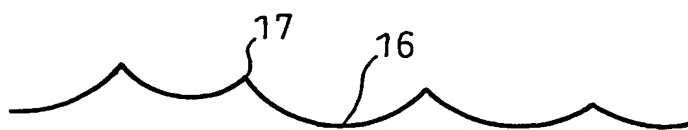


Fig.6

(a)



(b)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

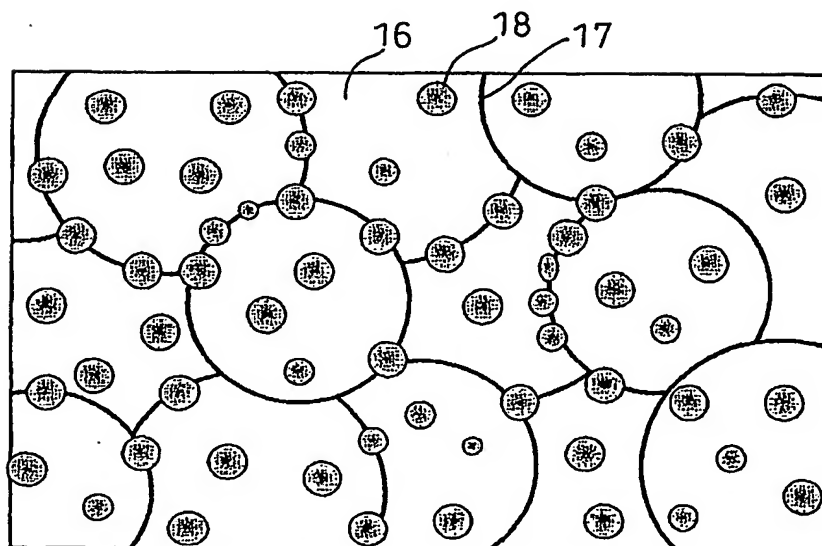
Fig.7



Fig.8



Fig.9



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.10

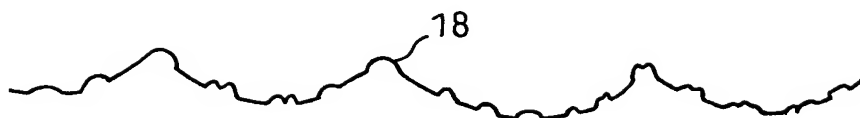


Fig.11

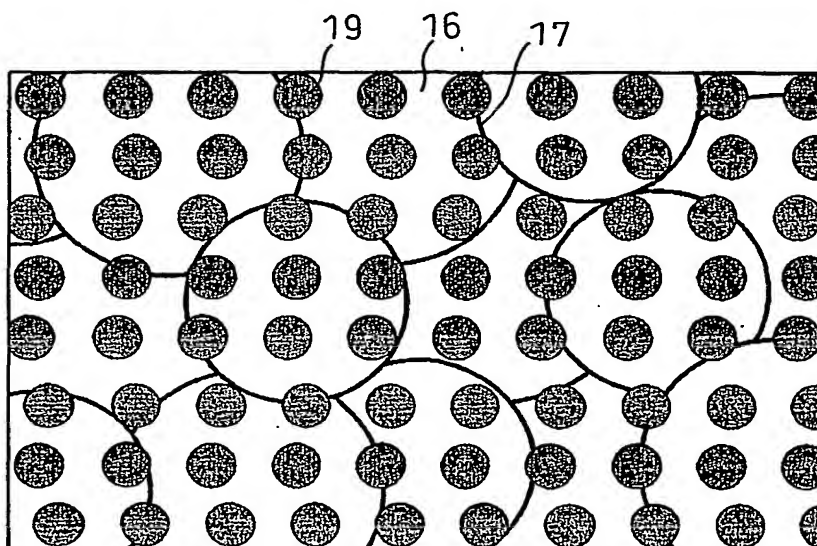
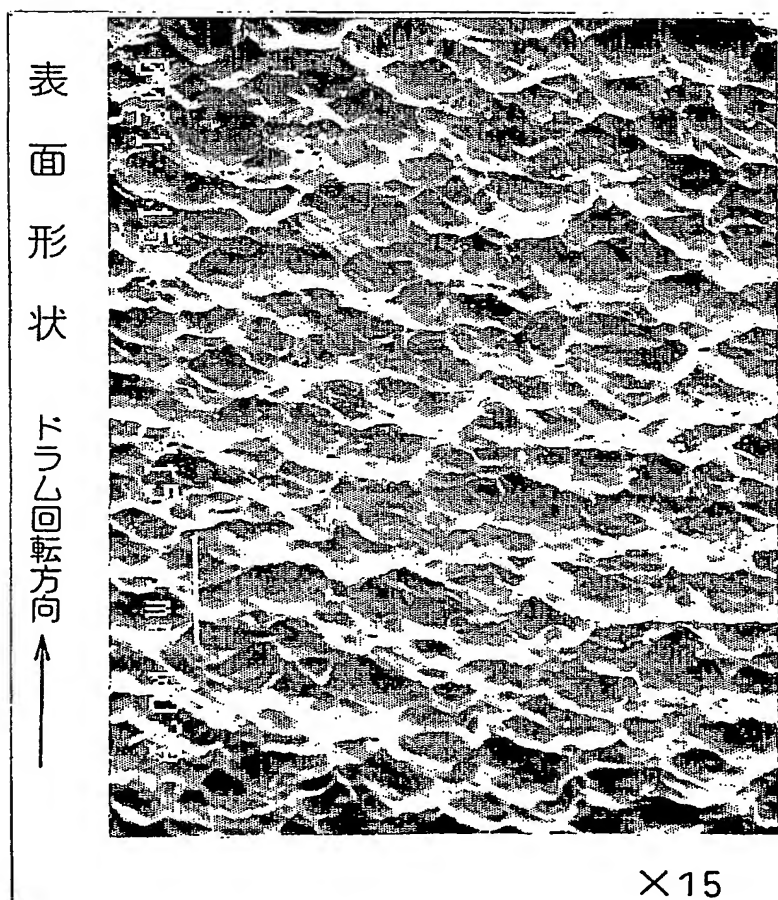


Fig.12



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.13



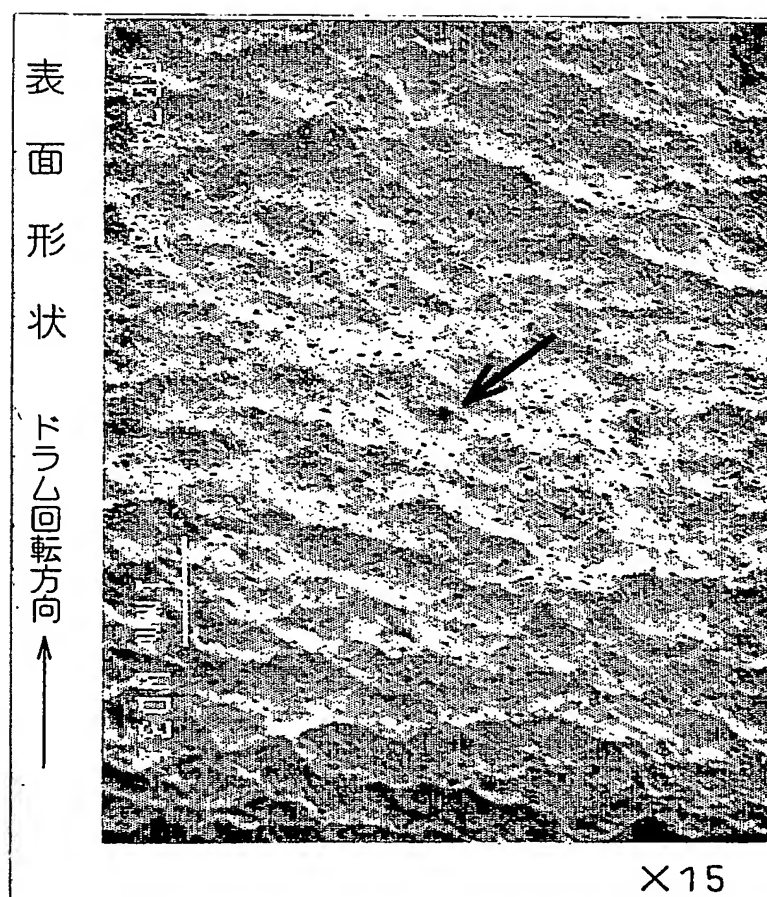
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.14



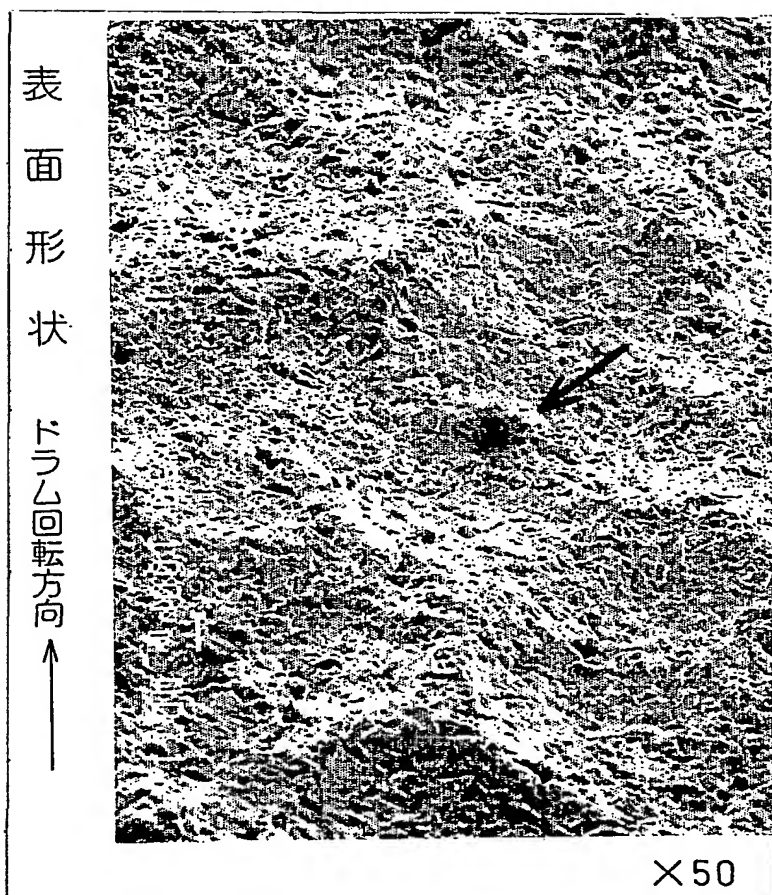
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.15



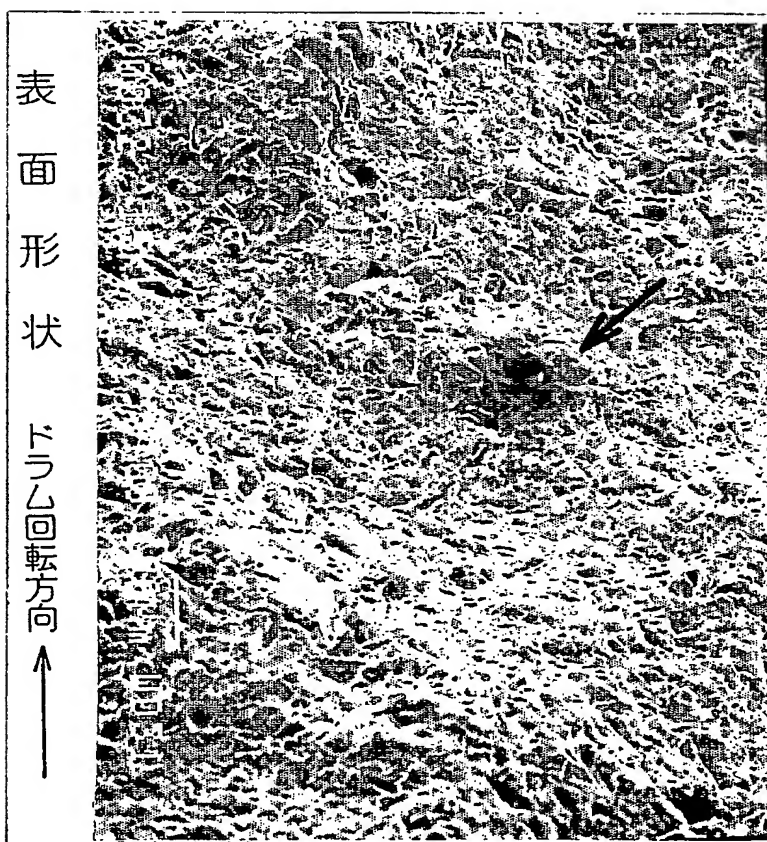
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.16



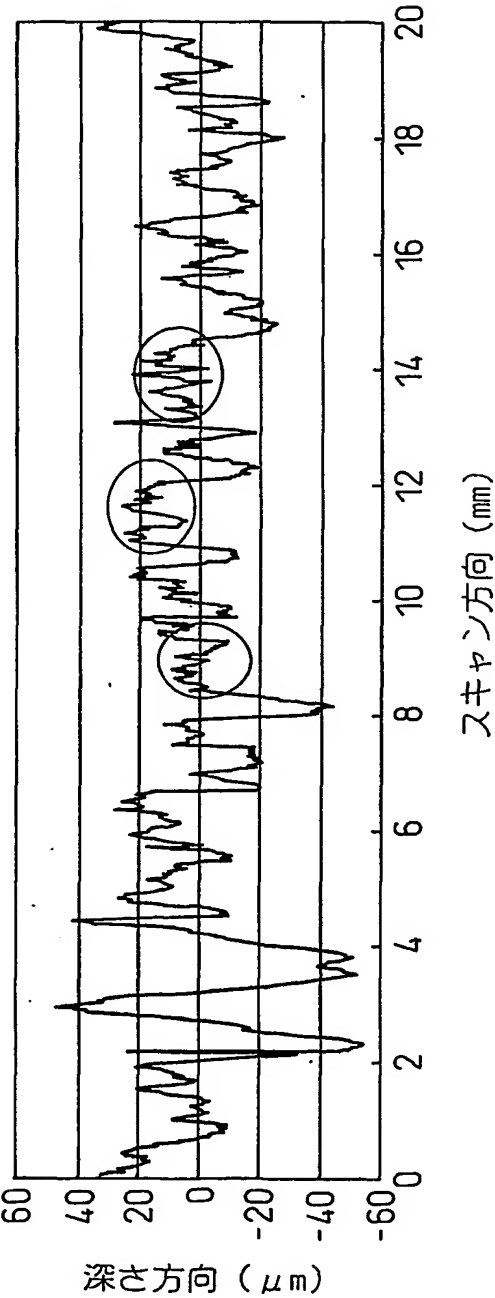
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.17



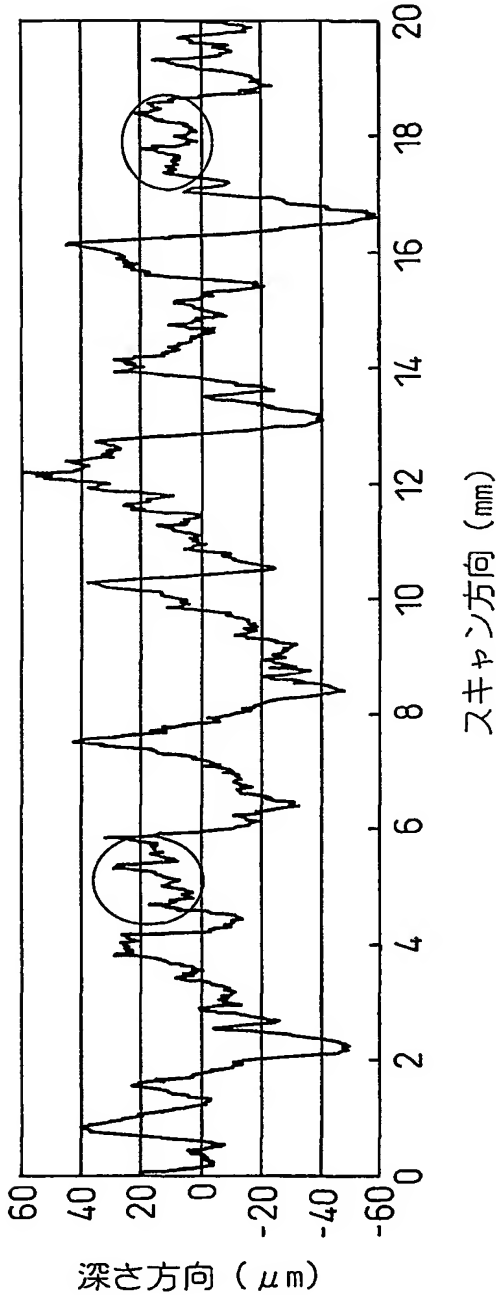
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.18



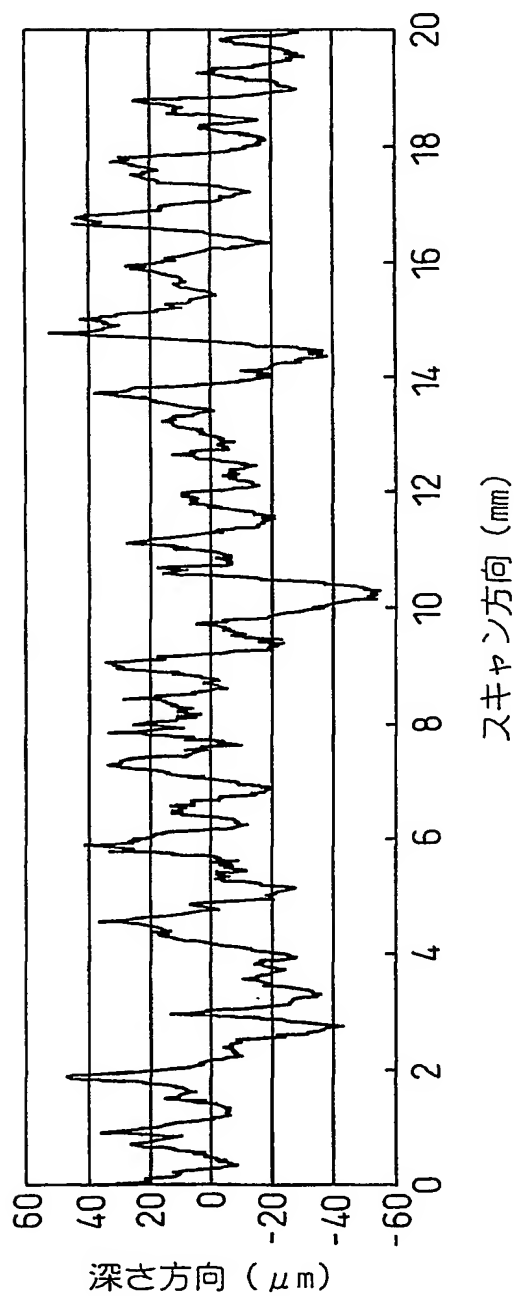
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.19



THIS PAGE BLANK (USPTO)

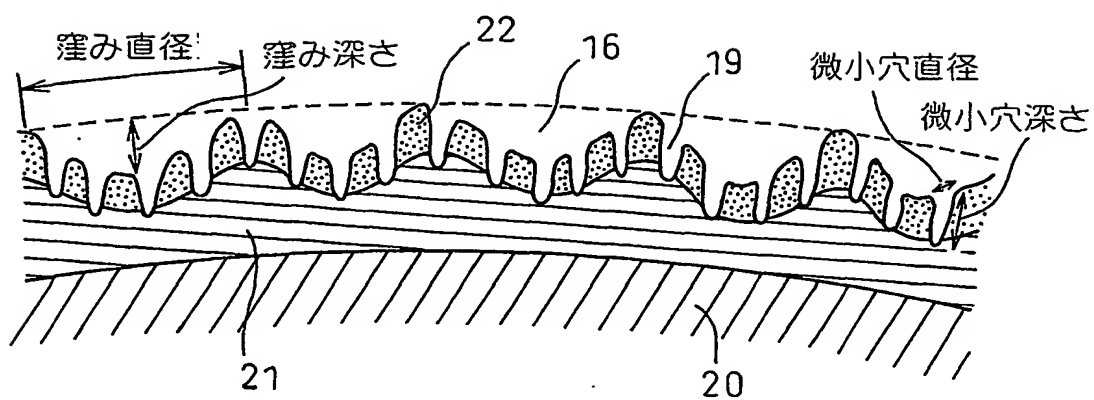
Fig.20



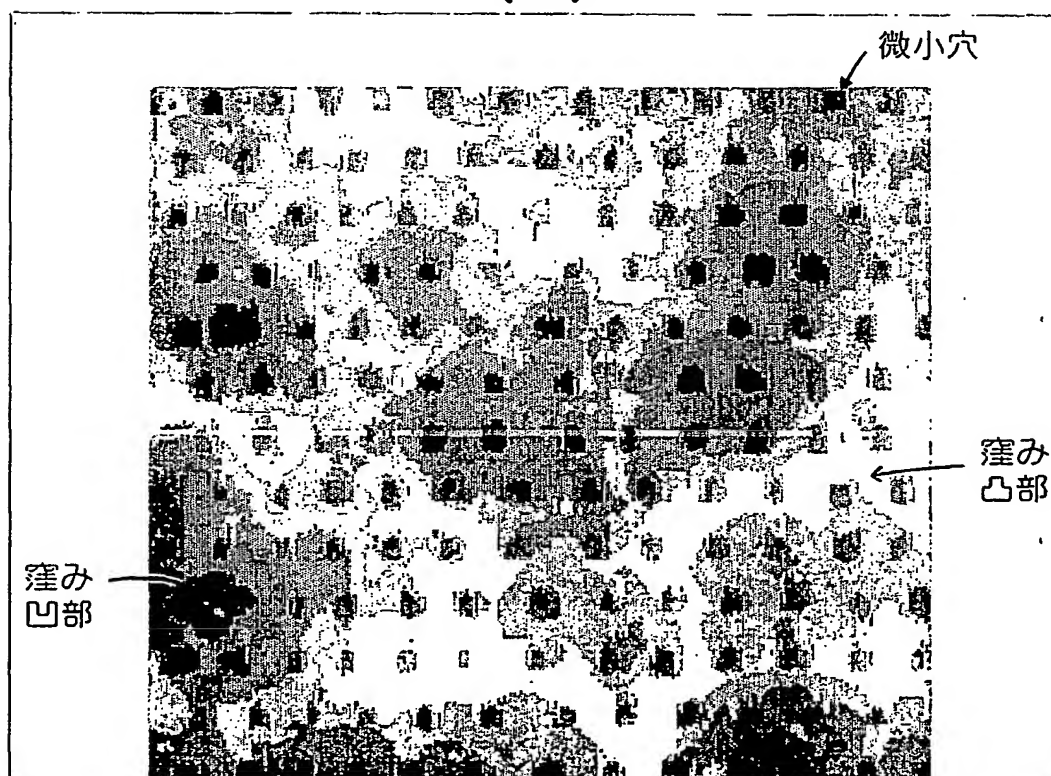
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.21

(a)



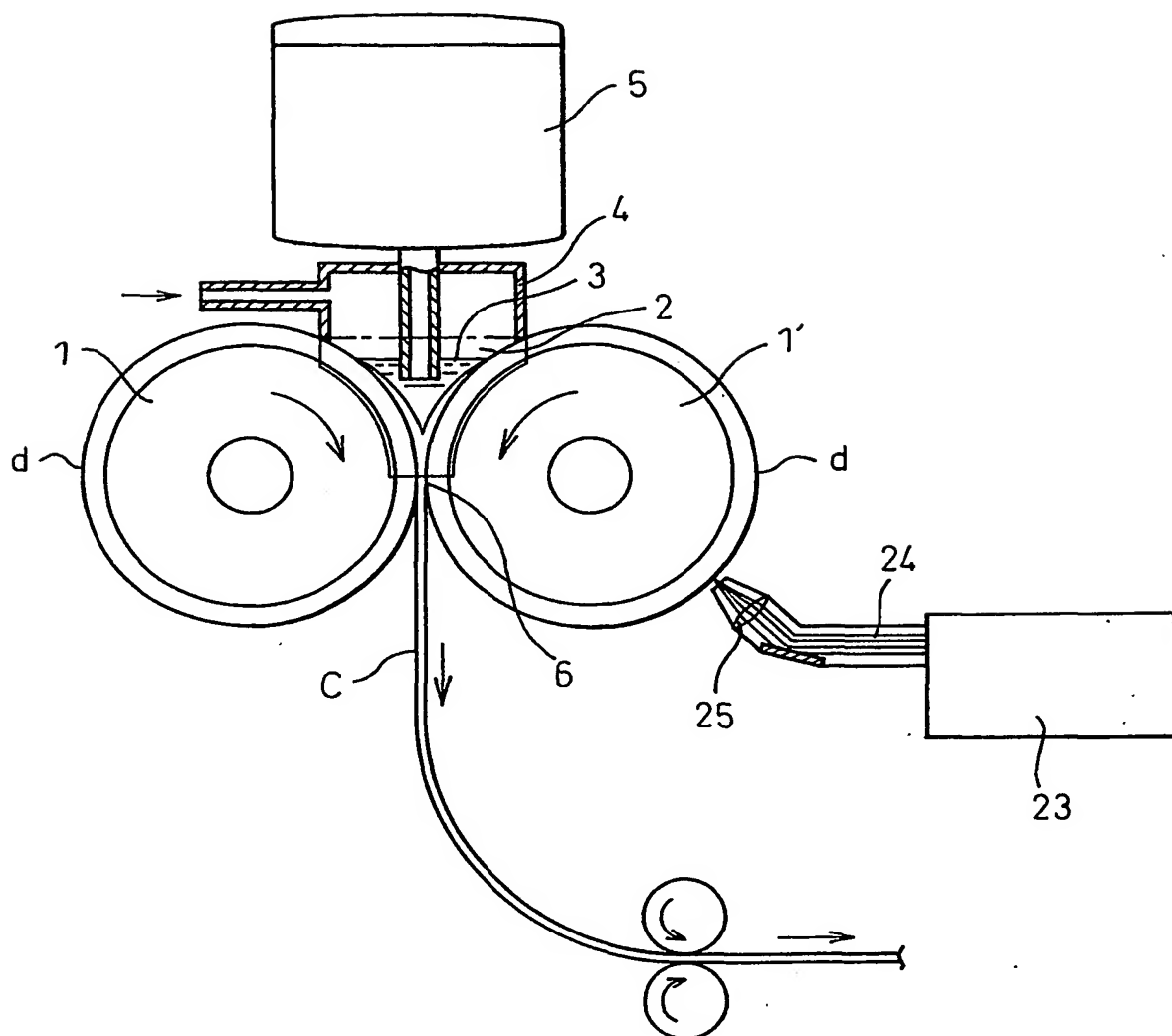
(b)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

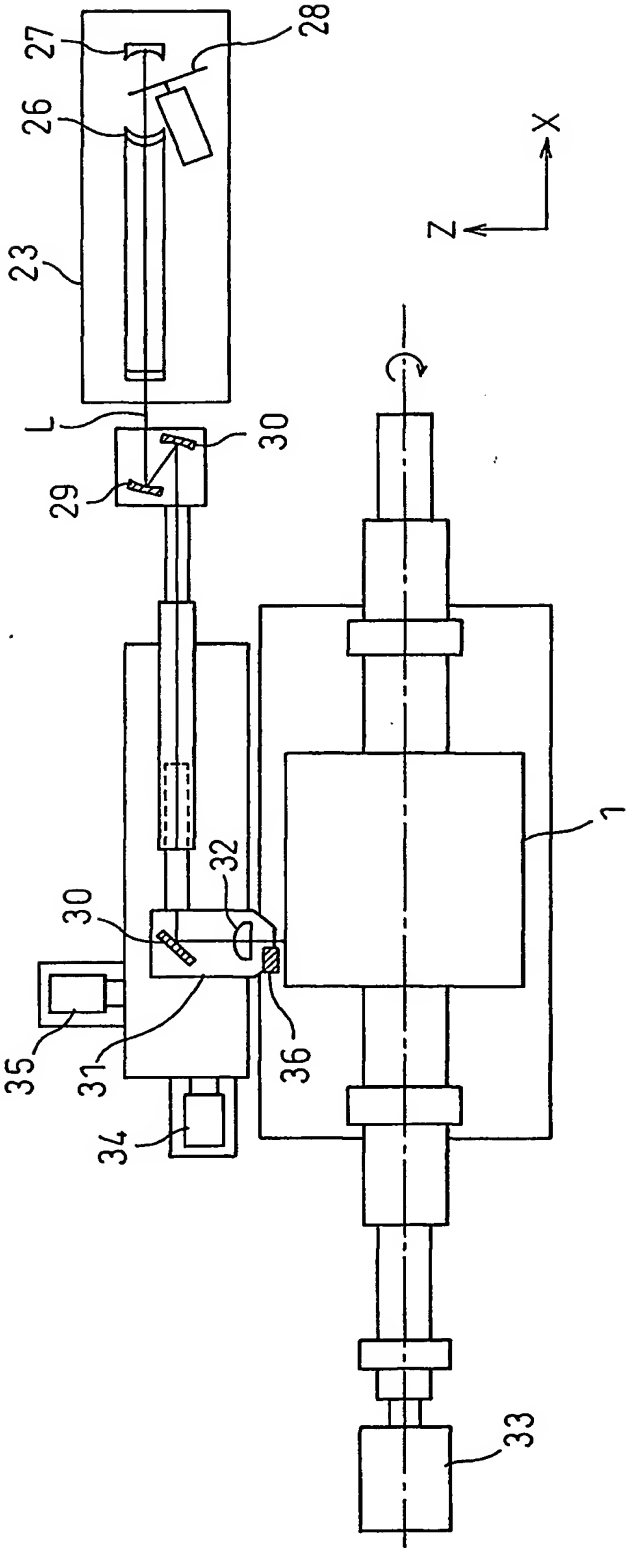
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 23



THIS PAGE BLANK (USPTO)

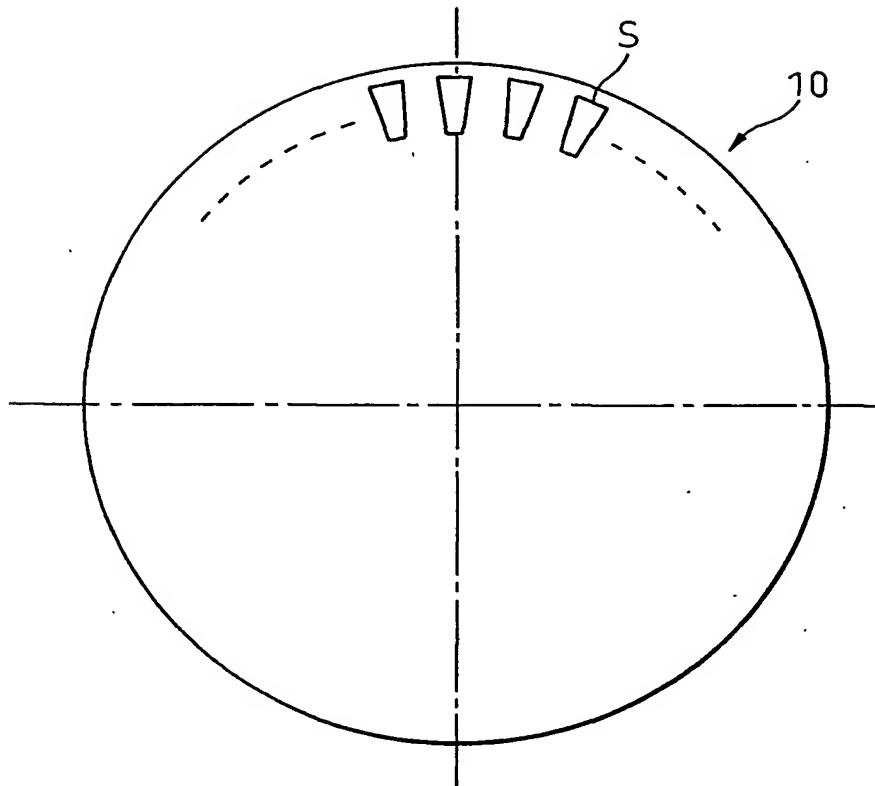
Fig.24





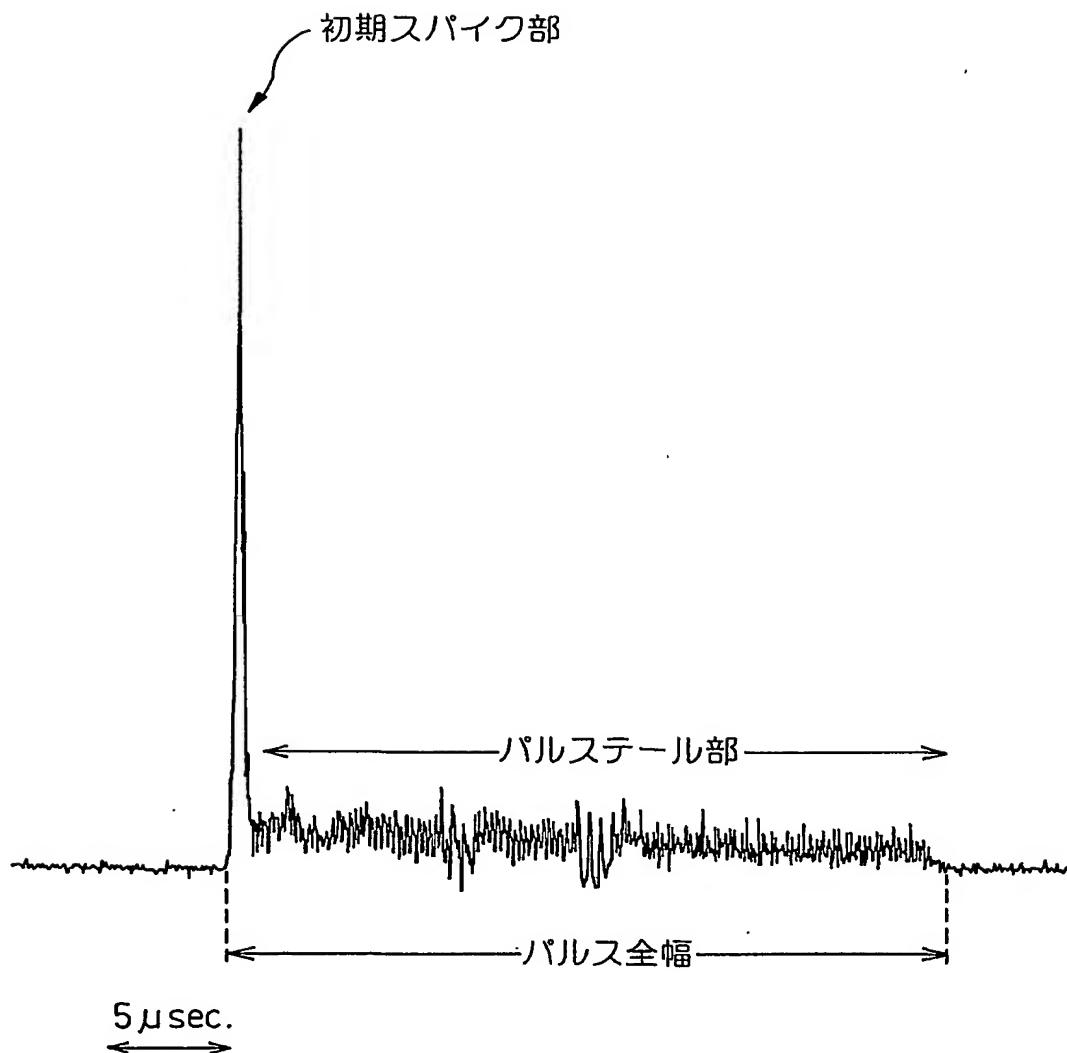
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 25



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.26

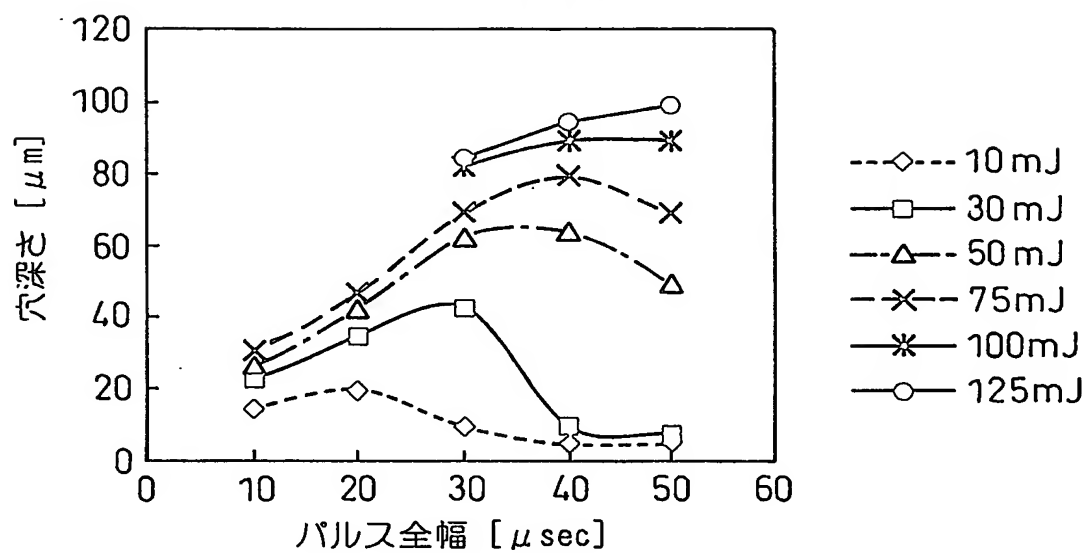


THIS PAGE BLANK (USPTO)

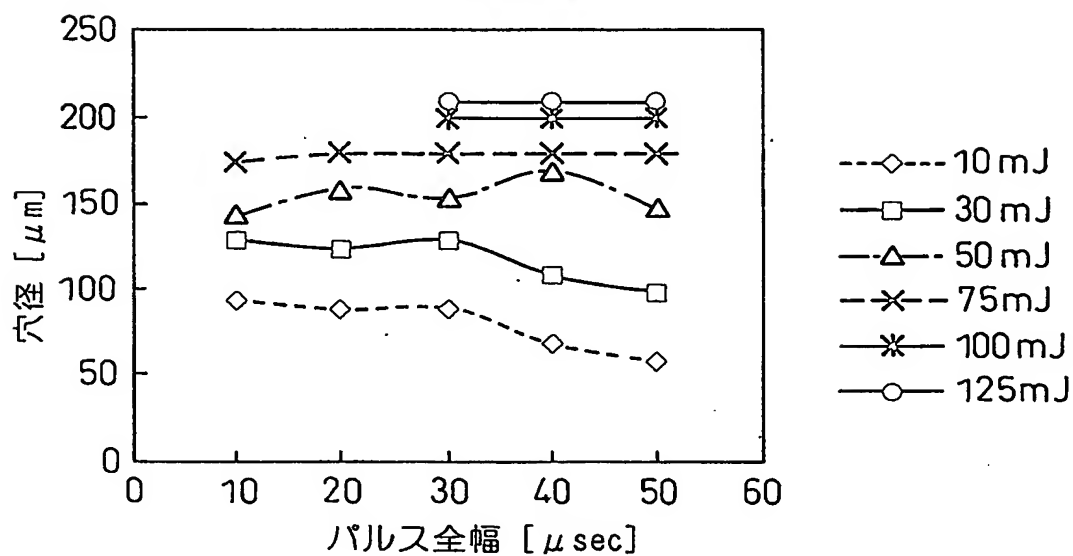


Fig.27

(a)

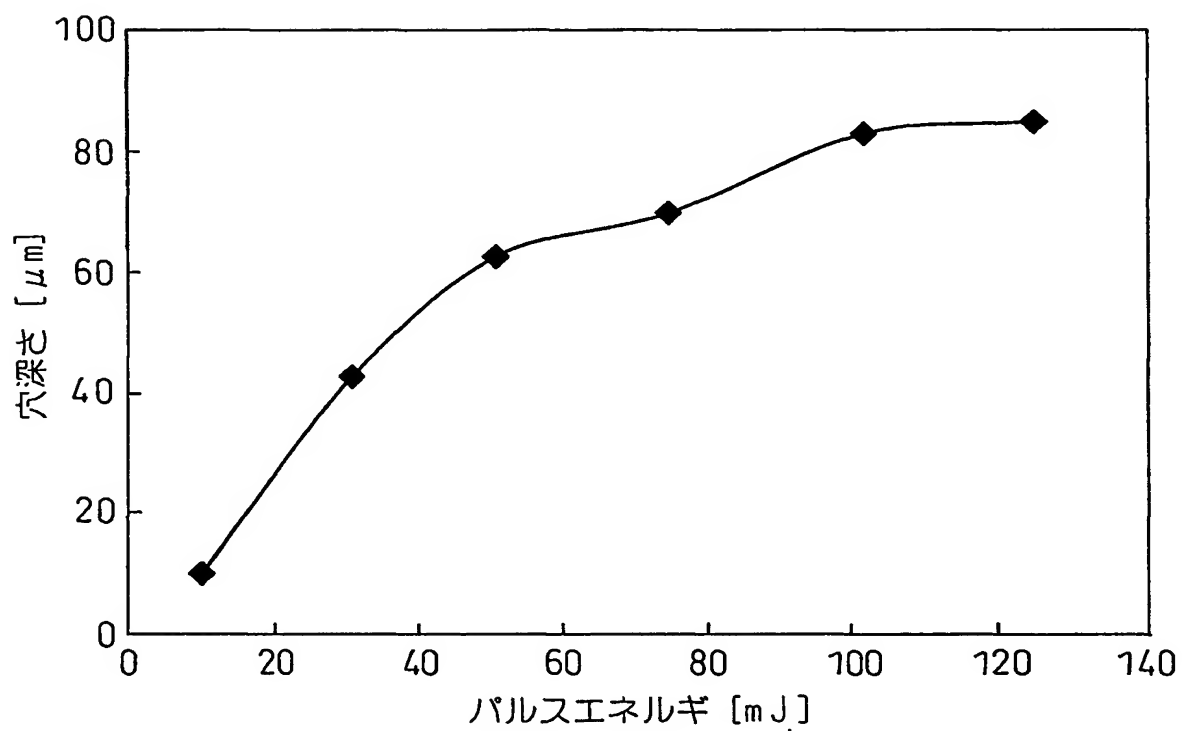


(b)



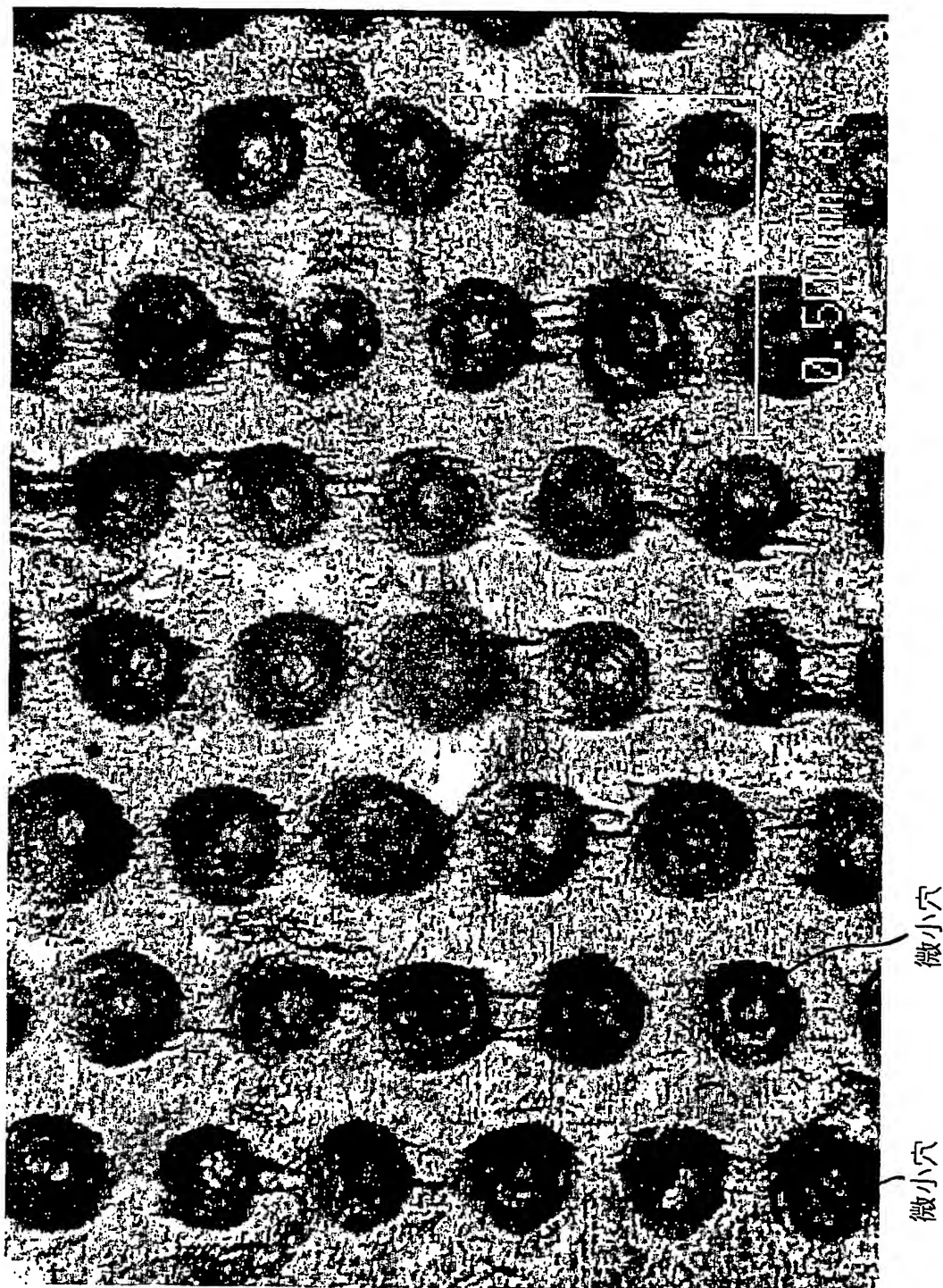
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.28



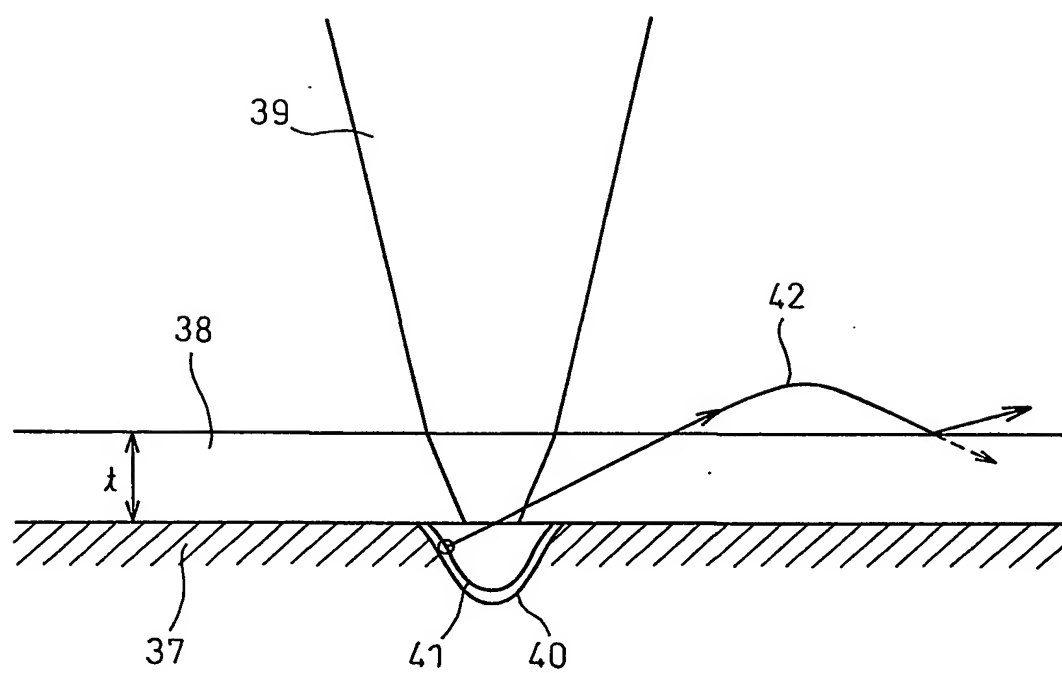
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.29



THIS PAGE BLANK (USPTO)

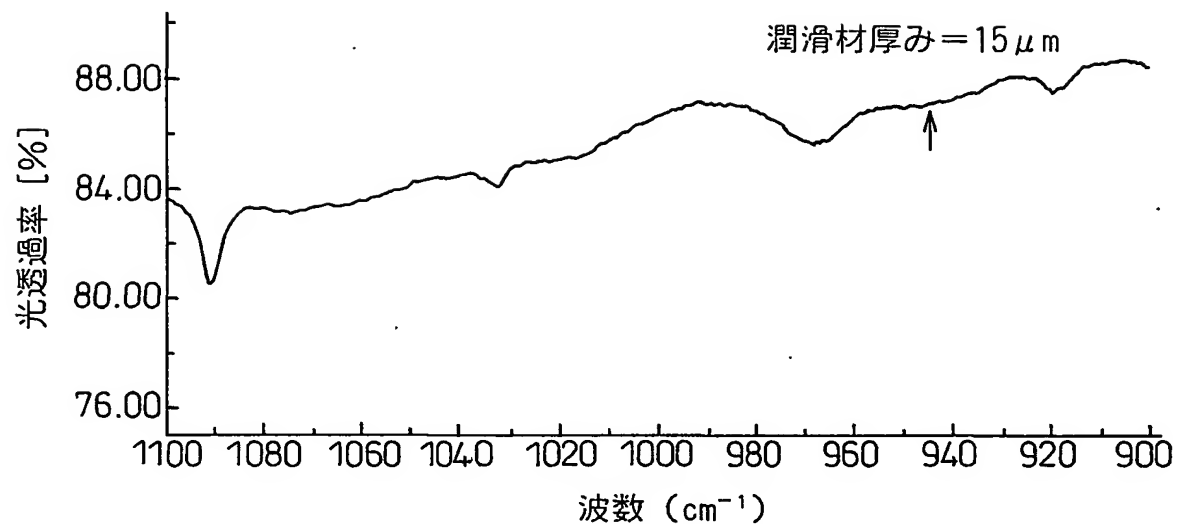
Fig.30



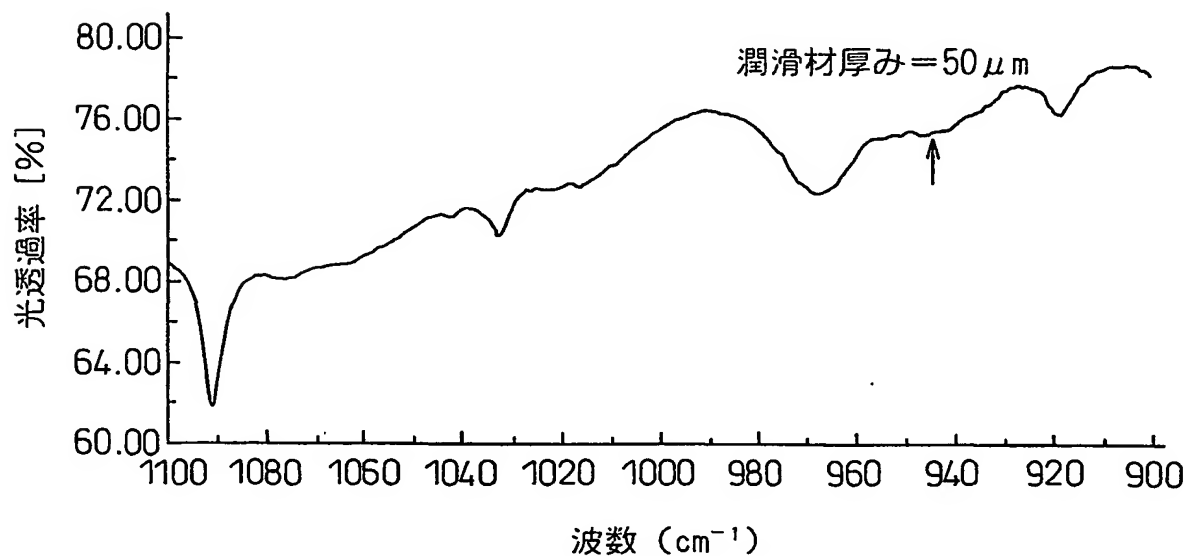


THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.31
(a)

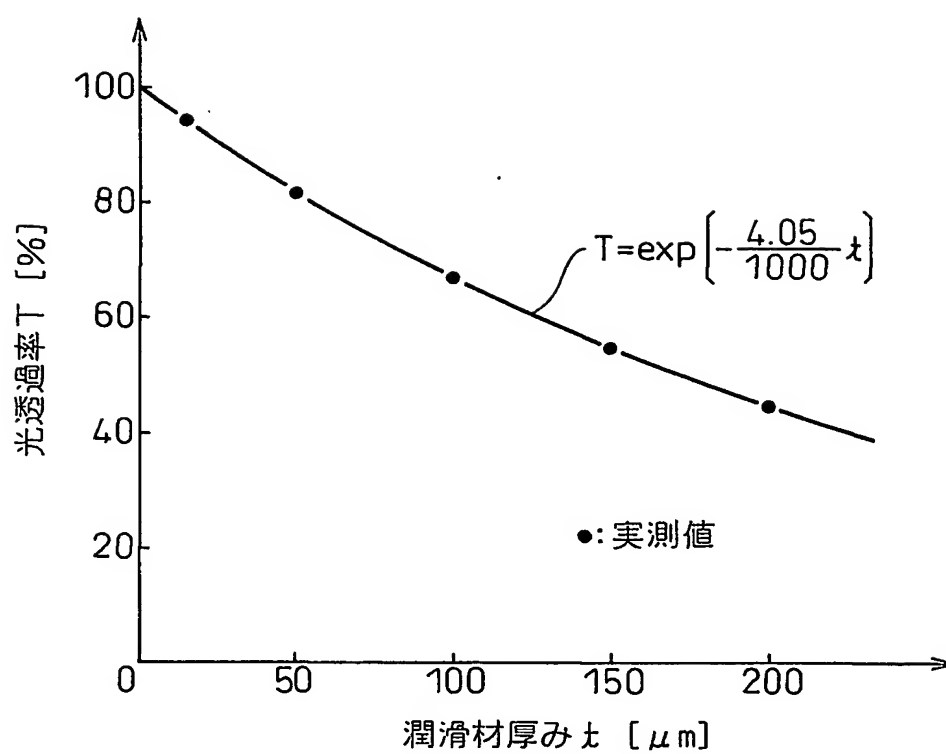


(b)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

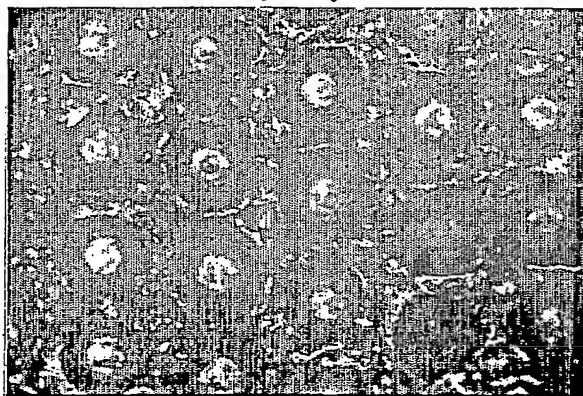
Fig.32



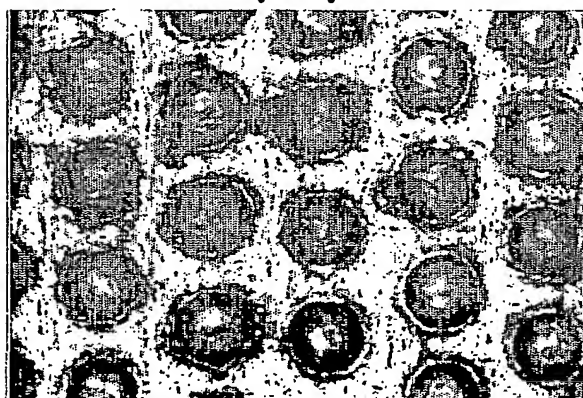
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig.33

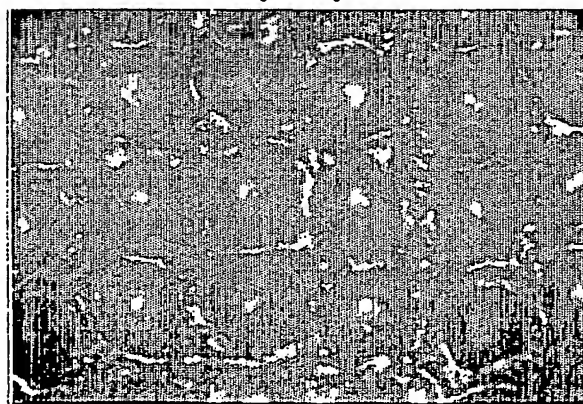
(a)



(b)



(c)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

E P . U S

P C T

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 H897-PCT	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JPO1/03965	国際出願日 (日.月.年) 11.05.01	優先日 (日.月.年) 12.05.00
出願人(氏名又は名称) 新日本製鐵株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、
第 9 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 B22D11/06, B23K26/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 B22D11/06, B23K26/00, B22D11/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

DIALOG (WPI/L)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 8-281385 A (新日本製鐵株式会社) 29. 10 月. 1996 (29. 10. 96), 【特許請求の範囲】, 【00 15】, 【0016】 (ファミリーなし)	1, 13, 41, 42, 47, 50, 54 16, 43
Y	J P 10-137903 A (新日本製鐵株式会社) 26. 5 月. 1998 (26. 05. 98), 【0007】 (ファミリーな し)	16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06. 07. 01

国際調査報告の発送日

17.07.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

金 公 彦

4 E

8 9 2 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

THIS PAGE BLANK (USPTO)

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 6-344087 A (新日本製鐵株式会社) 20. 12 月. 1994 (20. 12. 94), 【0017】 (ファミリーなし)	43
X Y	J P 5-318150 A (新日本製鐵株式会社) 3. 12 月. 1993 (03. 12. 93), 【0021】, 【0027】 (ファミリーなし)	34, 36 37, 40
Y	J P 6-297110 A (新日本製鐵株式会社) 25. 10 月. 1994 (25. 10. 94), 【0013】 - 【0015】 (ファミリーなし)	37, 40
Y	J P 61-283486 A (ミノルタカメラ株式会社) 13. 12 月. 1986 (13. 12. 86), 特許請求の範囲, 第2頁左上欄 (ファミリーなし)	39, 40
Y	J P 52-112895 A (東京芝浦電気株式会社) 21. 9 月. 1977 (21. 09. 77), 特許請求の範囲, 第2頁左上欄第7行-左下欄第13行 (ファミリーなし)	39, 40
A	J P 9-136145 A (新日本製鐵株式会社) 27. 5 月. 1997 (27. 05. 97) (ファミリーなし)	1-56
A	J P 9-103849 A (新日本製鐵株式会社) 22. 4 月. 1997 (22. 04. 97) (ファミリーなし)	20-40
A	J P 8-155506 A (新日本製鐵株式会社) 18. 6 月. 1996 (18. 06. 96) (ファミリーなし)	34-40
A	J P 1-298113 A (渡辺 元) 1. 12 月. 1989 (01. 12. 89) (ファミリーなし)	34-40
A	J P 58-110190 A (東京芝浦電気株式会社) 30. 6 月. 1983 (30. 06. 83) (ファミリーなし)	34-40

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/03965

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ B22D11/06, B23K26/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ B22D11/06, B23K26/00, B22D11/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
DIALOG (WPI/L)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 8-281385 A (Nippon Steel Corporation), 29 October, 1996 (29.10.96),	1, 13, 41, 42, 47, 50, 54
Y	Claims; Par. Nos. [0015], [0016] (Family: none)	16, 43
Y	JP 10-137903 A (Nippon Steel Corporation), 26 May, 1998 (26.05.98), Par. No. [0007] (Family: none)	16
Y	JP 6-344087 A (Nippon Steel Corporation), 20 December, 1994 (20.12.94), Par. No. [0017] (Family: none)	43
X	JP 5-318150 A (Nippon Steel Corporation), 03 December, 1993 (03.12.93),	34, 36
Y	Par. Nos. [0021], [0027] (Family: none)	37, 40
Y	JP 6-297110 A (Nippon Steel Corporation), 25 October, 1994 (25.10.94), Par. Nos. [0013] to [0015] (Family: none)	37, 40

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
06 July, 2001 (06.07.01)

Date of mailing of the international search report
17 July, 2001 (17.07.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/03965

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 61-283486 A (Minolta Camera Co., Ltd.), 13 December, 1986 (13.12.86), Claims; page 2, upper left column (Family: none)	39,40
Y	JP 52-112895 A (Tokyo Shibaura Denki K.K.), 21 September, 1977 (21.09.77), Claims; page 2, upper left column, line 7 to lower left column, line 13 (Family: none)	39,40
A	JP 9-136145 A (Nippon Steel Corporation), 27 May, 1997 (27.05.97) (Family: none)	1-56
A	JP 9-103849 A (Nippon Steel Corporation), 22 April, 1997 (22.04.97) (Family: none)	20-40
A	JP 8-155506 A (Nippon Steel Corporation), 18 June, 1996 (18.06.96) (Family: none)	34-40
A	JP 1-298113 A (Hajime WATANABE), 01 December, 1989 (01.12.89) (Family: none)	34-40
A	JP 58-110190 A (Tokyo Shibaura Denki K.K.), 30 June, 1983 (30.06.83) (Family: none)	34-40

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 B22D11/06, B23K26/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 B22D11/06, B23K26/00, B22D11/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

DIALOG (WPI/L)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 8-281385 A (新日本製鐵株式会社) 29. 10 月. 1996 (29. 10. 96), 【特許請求の範囲】, 【00 15】, 【0016】 (ファミリーなし)	1, 13, 41, 42, 47, 50, 54 16, 43
Y	JP 10-137903 A (新日本製鐵株式会社) 26. 5 月. 1998 (26. 05. 98), 【0007】 (ファミリーな し)	16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06. 07. 01

国際調査報告の発送日

17.07.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

金 公 彦

4 E 8925

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 6-344087 A (新日本製鐵株式会社) 20. 12月. 1994 (20. 12. 94), 【0017】 (ファミリーなし)	43
X Y	JP 5-318150 A (新日本製鐵株式会社) 3. 12月. 1993 (03. 12. 93), 【0021】, 【0027】 (ファミリーなし)	34, 36 37, 40
Y	JP 6-297110 A (新日本製鐵株式会社) 25. 10月. 1994 (25. 10. 94), 【0013】 - 【0015】 (ファミリーなし)	37, 40
Y	JP 61-283486 A (ミノルタカメラ株式会社) 13. 12月. 1986 (13. 12. 86), 特許請求の範囲, 第2頁左上欄 (ファミリーなし)	39, 40
Y	JP 52-112895 A (東京芝浦電気株式会社) 21. 9月. 1977 (21. 09. 77), 特許請求の範囲, 第2頁左上欄第7行-左下欄第13行 (ファミリーなし)	39, 40
A	JP 9-136145 A (新日本製鐵株式会社) 27. 5月. 1997 (27. 05. 97) (ファミリーなし)	1-56
A	JP 9-103849 A (新日本製鐵株式会社) 22. 4月. 1997 (22. 04. 97) (ファミリーなし)	20-40
A	JP 8-155506 A (新日本製鐵株式会社) 18. 6月. 1996 (18. 06. 96) (ファミリーなし)	34-40
A	JP 1-298113 A (渡辺 元) 1. 12月. 1989 (01. 12. 89) (ファミリーなし)	34-40
A	JP 58-110190 A (東京芝浦電気株式会社) 30. 6月. 1983 (30. 06. 83) (ファミリーなし)	34-40

PARENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION RELATING TO PRIORITY CLAIM

(PCT Rules 26bis.1 and 26bis.2 and
Administrative Instructions, Sections 402 and 409)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

ISHIDA, Takashi
A. AOKI, ISHIDA & ASSOCIATES
Toranomon 37 Mori Bldg., 5-1,
Toranomon 3-chome
Minato-ku, Tokyo 105-8423
JAPON

Date of mailing (day/month/year) 04 July 2001 (04.07.01)	
Applicant's or agent's file reference H897-PCT	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/JP01/03965	International filing date (day/month/year) 11 May 2001 (11.05.01)
Applicant NIPPON STEEL CORPORATION et al	

The applicant is hereby notified of the following in respect of the priority claim(s) made in the international application.

1. ☐ **Correction of priority claim.** In accordance with the applicant's notice received on: ,
the following priority claim has been corrected to read as follows:
 - ☐ even though the indication of the number of the earlier application is missing.
 - ☐ even though the following indication in the priority claim is not the same as the corresponding indication appearing in the priority document:
2. ☒ **Addition of priority claim.** In accordance with the applicant's notice received on: 08 June 2001 (08.06.01),
the following priority claim has been added:
JP 08 February 2001 (08.02.01) 2001-073101
 - ☐ even though the indication of the number of the earlier application is missing.
 - ☐ even though the following indication in the priority claim is not the same as the corresponding indication appearing in the priority document:
3. ☐ As a result of the correction and/or addition of (a) priority claim(s) under items 1 and/or 2, the (earliest) priority date is:
4. ☐ **Priority claim considered not to have been made.**
 - ☐ The applicant failed to respond to the invitation under Rule 26bis.2(a) (Form PCT/IB/316) within the prescribed time limit.
 - ☐ The applicant's notice was received after the expiration of the prescribed time limit under Rule 26bis.1(a).
 - ☐ The applicant's notice failed to correct the priority claim so as to comply with the requirements of Rule 4.10.

The applicant may, before the technical preparations for international publication have been completed and subject to the payment of a fee, request the International Bureau to publish, together with the international application, information concerning the priority claim. See Rule 26bis.2(c) and the PCT Applicant's Guide, Volume I, Annex B2(IB).
5. ☐ In case where multiple priorities have been claimed, the above item(s) relate to the following priority claim(s):
6. A copy of this notification has been sent to the receiving Office and
 - ☒ to the International Searching Authority (where the international search report has not yet been issued).
 - ☒ the designated Offices (which have already been notified of the receipt of the record copy).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer Y. KUWAHARA Telephone No. (41-22) 338.83.38
--	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本（出願用） - 印刷日時 2001年05月11日（11.05.2001）金曜日 16時37分19秒

0	受理官庁記入欄	
0-1	国際出願番号	
0-2	国際出願日	
0-3	(受付印)	
0-4	様式-PCT/RO/101 この特許協力条約に基づく国際出願願書は、 右記によって作成された。	PCT-EASY Version 2.91 (updated 01.01.2001)
0-5	申立て 出願人は、この国際出願が特許協力条約に従って処理されることを請求する。	
0-6	出願人によって指定された受理官庁	日本国特許庁 (RO/JP)
0-7	出願人又は代理人の書類記号	H897-PCT
I	発明の名称	薄肉鋳片連続鑄造用冷却ドラムとその加工方法および装置ならびに薄肉鋳片とその連続鑄造方法
II	出願人	出願人である (applicant only)
II-1	この欄に記載した者は	米国を除くすべての指定国 (all designated States except US)
II-2	右の指定国についての出願人である。	
II-4ja	名称	新日本製鐵株式会社
II-4en	Name	NIPPON STEEL CORPORATION
II-5ja	あて名:	100-8071 日本国 東京都 千代田区大手町 二丁目 6番3号
II-5en	Address:	6-3, Otemachi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
II-6	国籍 (国名)	日本国 JP
II-7	住所 (国名)	日本国 JP

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本(出願用) - 印刷日時 2001年05月11日 (11.05.2001) 金曜日 16時37分19秒

III-1	その他の出願人又は発明者	
III-1-1	この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-1-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-1-4ja	氏名(姓名)	山村 英明
III-1-4en	Name (LAST, First)	YAMAMURA, Hideaki
III-1-5ja	あて名:	293-0011 日本国 千葉県 富津市 新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
III-1-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION Technical Development Bureau 20-1, Shintomi, Futtsu-shi, Chiba 293-0011 Japan
III-1-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-1-7	住所(国名)	日本国 JP
III-2	その他の出願人又は発明者	
III-2-1	この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-2-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-2-4ja	氏名(姓名)	浜田 直也
III-2-4en	Name (LAST, First)	HAMADA, Naoya
III-2-5ja	あて名:	293-0011 日本国 千葉県 富津市 新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
III-2-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION Technical Development Bureau 20-1, Shintomi, Futtsu-shi, Chiba 293-0011 Japan
III-2-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-2-7	住所(国名)	日本国 JP

THIS PAGE BLANK (USPTO)

3/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本(出願用) - 印刷日時 2001年05月11日 (11.05.2001) 金曜日 16時37分19秒

III-3	その他の出願人又は発明者	
III-3-1	この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-3-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-3-4ja	氏名(姓名)	伊豆 忠浩
III-3-4en	Name (LAST, First)	IZU, Tadahiro
III-3-5ja	あて名:	743-8510 日本国 山口県 光市 大字島田3434番地 新日本製鐵株式会社 光製鐵所内
III-3-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION HIKARI WORKS 3434, Oaza-Shimata, Hikari-shi, Yamaguchi 743-8510 Japan
III-3-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-3-7	住所(国名)	日本国 JP
III-4	その他の出願人又は発明者	
III-4-1	この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-4-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-4-4ja	氏名(姓名)	栗栖 泰
III-4-4en	Name (LAST, First)	KURISU, Yasushi
III-4-5ja	あて名:	293-0011 日本国 千葉県 富津市 新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
III-4-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION Technical Development Bureau 20-1, Shintomi, Futtsu-shi, Chiba 293-0011 Japan
III-4-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-4-7	住所(国名)	日本国 JP

THIS PAGE BLANK (USPTO)

4/10

特許協力条約に基づく国際出願願容

H697-PCT

原本(出願用) - 印刷日時 2001年05月11日 (11. 05. 2001) 金曜日 16時37分19秒

III-5 III-5-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-5-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-5-4ja III-5-4en III-5-5ja	氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	水地 功 SUICHI, Isao 743-8510 日本国 山口県 光市 大字島田3 4 3 4 番地 新日本製鐵株式会社 光製鐵所内
III-5-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION HIKARI WORKS 3434, Oaza-Shimata, Hikari-shi, Yamaguchi 743-8510 Japan
III-5-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-5-7	住所(国名)	日本国 JP
III-6 III-6-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-6-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-6-4ja III-6-4en III-6-5ja	氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	宮崎 雅文 MIYAZAKI, Masafumi 743-8510 日本国 山口県 光市 大字島田3 4 3 4 番地 新日本製鐵株式会社 光製鐵所内
III-6-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION HIKARI WORKS 3434, Oaza-Shimata, Hikari-shi, Yamaguchi 743-8510 Japan
III-6-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-6-7	住所(国名)	日本国 JP

THIS PAGE BLANK (USPTO)

5/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本(出願用) - 印刷日時 2001年05月11日 (11.05.2001) 金曜日 16時37分19秒

III-7 III-7-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-7-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-7-4ja III-7-4en III-7-5ja	氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	関 和己 SEKI, Kazumi 293-0011 日本国 千葉県 富津市 新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
III-7-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION Technical Development Bureau 20-1, Shintomi, Futtsu-shi, Chiba 293-0011 Japan
III-7-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-7-7	住所(国名)	日本国 JP
III-8 III-8-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-8-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-8-4ja III-8-4en III-8-5ja	氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	竹内 栄一 TAKEUCHI, Eiichi 671-1188 日本国 兵庫県 姫路市広畑区 富士町1番地 新日本製鐵株式会社 広畑製鐵所内
III-8-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION HIROHATA WORKS 1, Fujicho, Hirohata-ku, Himeji-shi, Hyogo 671-1188 Japan
III-8-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-8-7	住所(国名)	日本国 JP

THIS PAGE BLANK (USPTO)

6/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本(出願用) - 印刷日時 2001年05月11日 (11.05.2001) 金曜日 16時37分15秒

III-9 111-9-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
111-9-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
111-9-4ja 111-9-4en 111-9-5ja	氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	山田 衛 YAMADA, Mamoru 743-8510 日本国 山口県 光市 大字島田3434番地 新日本製鐵株式会社 光製鐵所内
111-9-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION HIKARI WORKS 3434, Oaza-Shimata, Hikari-shi, Yamaguchi 743-8510 Japan
111-9-6	国籍(国名)	日本国 JP
111-9-7	住所(国名)	日本国 JP
III-10 111-10-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
111-10-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
111-10-4ja 111-10-4en 111-10-5ja	氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:	岡 秀毅 OKA, Hideki 743-8510 日本国 山口県 光市 大字島田3434番地 新日本製鐵株式会社 光製鐵所内
111-10-5en	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION HIKARI WORKS 3434, Oaza-Shimata, Hikari-shi, Yamaguchi 743-8510 Japan
111-10-6	国籍(国名)	日本国 JP
111-10-7	住所(国名)	日本国 JP

THIS PAGE BLANK (USPTO)

7/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本(出願用) - 印刷日時 2001年05月11日 (11.05.2001) 金曜日 16時37分19秒

III-11 III-11-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-11-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-11-4j a	氏名(姓名)	丸木 保雄
III-11-4e n	Name (LAST, First)	MARUKI, Yasuo
III-11-5j a	あて名:	293-0011 日本国 千葉県 富津市 新富20-1
III-11-5e n	Address:	新日本製鐵株式会社 技術開発本部内 C/O NIPPON STEEL CORPORATION Technical Development Bureau 20-1, Shintomi, Futtsu-shi, Chiba 293-0011 Japan
III-11-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-11-7	住所(国名)	日本国 JP
III-12 III-12-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-12-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-12-4j a	氏名(姓名)	石丸 詠一郎
III-12-4e n	Name (LAST, First)	ISHIMARU, Eiichiroh
III-12-5j a	あて名:	743-8510 日本国 山口県 光市 大字島田3434番地
III-12-5e n	Address:	新日本製鐵株式会社 光製鐵所内 C/O NIPPON STEEL CORPORATION HIKARI WORKS 3434, Oaza-Shimata, Hikari-shi, Yamaguchi 743-8510 Japan
III-12-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-12-7	住所(国名)	日本国 JP

THIS PAGE BLANK (USPTO)

8/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本(出願用) - 印刷日時 2001年05月11日 (11.05.2001) 金曜日 16時37分19秒

III-13 III-13-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-13-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-13-4j a	氏名(姓名)	中山 満
III-13-4e n	Name (LAST, First)	NAKAYAMA, Mitsuru
III-13-5j o	あて名:	743-8510 日本国 山口県 光市 大字島田3434番地 新日本製鐵株式会社 光製鐵所内
III-13-5e n	Address:	C/O NIPPON STEEL CORPORATION HIKARI WORKS 3434, Oaza-Shimata, Hikari-shi, Yamaguchi 743-8510 Japan
III-13-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-13-7	住所(国名)	日本国 JP
IV-1	代理人又は共通の代表者、通知のあて名 下記の者は国際機関において右記のごとく出願人のために行動する。	代理人 (agent)
IV-1-1ja	氏名(姓名)	石田 敬
IV-1-1en	Name (LAST, First)	ISHIDA, Takashi
IV-1-2ja	あて名:	105-8423 日本国 東京都 港区虎ノ門 三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所
IV-1-2en	Address:	A. AOKI, ISHIDA & ASSOCIATES Toranomon 37 Mori Bldg., 5-1, Toranomon 3-chome, Minato-ku, Tokyo 105-8423 Japan
IV-1-3	電話番号	03-5470-1900
IV-1-4	ファクシミリ番号	03-5470-1911
IV-2	その他の代理人	筆頭代理人と同じあて名を有する代理人 (additional agent(s) with same address as first named agent)
IV-2-1ja	氏名	鶴田 準一; 亀松 宏; 西山 雅也
IV-2-1en	Name(s)	TSURUTA, Junichi; KAMEMATSU, Hiroshi; NISHIYAMA, Masaya
V	国の指定	
V-1	広域特許 (他の種類の保護又は取扱いを求める場合には括弧内に記載する。)	EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE TR 及びヨーロッパ特許条約と特許協力条約の締約国である他の国
V-2	国内特許 (他の種類の保護又は取扱いを求める場合には括弧内に記載する。)	AU CA KR US

THIS PAGE BLANK (USPTO)

9/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本(出願用) - 印刷日時 2001年05月11日 (11.05.2001) 金曜日 16時37分19秒

V-5	指定の確認の宣言 出願人は、上記の指定に加えて、規則4.9(b)の規定に基づき、特許協力条約のもとで認められる他の全ての国の指定を行う。ただし、V-6欄に示した国の指定を除く。出願人は、これらの追加される指定が確認を条件としていること、並びに優先日から15月が経過する前にその確認がなされない指定は、この期間の経過時に、出願人によって取り下げられたものとみなされることを宣言する。		
V-6	指定の確認から除かれる国	なし (NONE)	
VI-1	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-1-1	先の出願日	2000年05月12日 (12.05.2000)	
VI-1-2	先の出願番号	特願2000-140315	
VI-1-3	国名	日本国 JP	
VI-2	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-2-1	先の出願日	2000年09月22日 (22.09.2000)	
VI-2-2	先の出願番号	特願2000-288425	
VI-2-3	国名	日本国 JP	
VI-3	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-3-1	先の出願日	2000年10月05日 (05.10.2000)	
VI-3-2	先の出願番号	特願2000-306753	
VI-3-3	国名	日本国 JP	
VI-4	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-4-1	先の出願日	2000年06月12日 (12.06.2000)	
VI-4-2	先の出願番号	特願2000-175850	
VI-4-3	国名	日本国 JP	
VI-5	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-5-1	先の出願日	2000年10月05日 (05.10.2000)	
VI-5-2	先の出願番号	特願2000-306764	
VI-5-3	国名	日本国 JP	
VI-6	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-6-1	先の出願日	2000年10月05日 (05.10.2000)	
VI-6-2	先の出願番号	特願2000-306711	
VI-6-3	国名	日本国 JP	
VII-1	特定された国際調査機関 (ISA)	日本国特許庁 (ISA/JP)	
VIII	照合欄	用紙の枚数	添付された電子データ
VIII-1	願書	10	-
VIII-2	明細書	84	-
VIII-3	請求の範囲	12	-
VIII-4	要約	1	nsch897.txt
VIII-5	図面	27	-
VIII-7	合計	134	

THIS PAGE BLANK (USPTO)

10/10

特許協力条約に基づく国際出願願書

H897-PCT

原本（出願用） - 印刷日時 2001年05月11日（11.05.2001）金曜日 16時37分19秒

	添付書類	添付	添付された電子データ
VIII-8	手数料計算用紙	✓	-
VIII-16	PCT-EASYディスク	-	フレキシブルディスク
VIII-17	その他	納付する手数料に相当する特許印紙を貼付した書面	-
VIII-18	要約書とともに提示する図の番号	9	
VIII-19	国際出願の使用言語名:	日本語 (Japanese)	
IX-1	提出者の記名押印		
IX-1-1	氏名(姓名)	石田 敬	
IX-2	提出者の記名押印		
IX-2-1	氏名(姓名)	鶴田 準一	
IX-3	提出者の記名押印		
IX-3-1	氏名(姓名)	亀松 宏	
IX-4	提出者の記名押印		
IX-4-1	氏名(姓名)	西山 雅也	

受理官庁記入欄

10-1	国際出願として提出された書類の実際の受理の日	
10-2	図面:	
10-2-1	受理された	
10-2-2	不足図面がある	
10-3	国際出願として提出された書類を補完する書類又は図面であつてその後期間内に提出されたものの実際の受理の日（訂正日）	
10-4	特許協力条約第11条(2)に基づく必要な補完の期間内の受理の日	
10-5	出願人により特定された国際調査機関	ISA/JP
10-6	調査手数料未払いにつき、国際調査機関に調査用写しを送付していない	

国際事務局記入欄

II-1	記録原本の受理の日	
------	-----------	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)